

Universität Kassel
Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften
Studiengang Ökologische Landwirtschaft (B.Sc.)

Bachelorarbeit

zum Thema

Neubetrachtung von Wertholzsystemen der Agroforstwirtschaft

*- Entwicklung eines Beispielsystems anhand diversifizierter Holzsortimente mit
Schwerpunkt auf die Wirtschaftlichkeit -*

1. Prüfer: Dr. Hubertus Hofmann
2. Prüfer: Dr. Rüdiger Graß

Vorgelegt von

Hermann Darr (geb. am 23.04.1997 in Suhl)

Matrikelnummer: 35624581

2. Auflage

Witzenhausen, Dezember 2024

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	IV
Abkürzungsverzeichnis.....	V
1 Einleitung	1
2 Aktueller Stand des Wissens.....	3
2.1 Bisherige Wertholzerzeugung im Agroforst	3
2.1.1 Baumarten	3
2.1.2 Reihenausrichtung	4
2.1.3 Reihenabstände.....	5
2.1.4 Pflanzabstände	5
2.1.5 Pflanzung.....	6
2.1.6 Pflegemaßnahmen.....	7
2.1.7 Ernte	8
2.1.8 Kosten und Erlöse.....	8
3 Methoden.....	10
3.1 Literaturrecherche	10
3.2 Experteninterviews.....	11
3.3 Entwicklung des Beispielsystems.....	12
4 Etablierte klassische Wertholzsysteme (Forstwirtschaft)	15
4.1 Verwendete Baumarten mit Standortansprüchen und Wuchseigenschaften.....	15
4.1.1 Laubbäume	16
4.1.2 Nadelbäume.....	30
4.2 Anbausystem/Methoden.....	34
4.2.1 Bestandesbegründung	34
4.2.2 Pflanzzahlen und Pflanzabstände	38
4.2.3 Düngung	39
4.2.4 Pflegemaßnahmen.....	41
4.2.5 Erntemethoden.....	45
4.3 Holzmärkte.....	46
4.3.1 Sortimente und Verwendungen	47
4.3.2 Preisentwicklung Wertholz	55
4.4 Vergleich Wertholzerzeugung der Agroforstwirtschaft und der Forstwirtschaft	56
5 Auswertung der Experteninterviews	58
5.1 Qualitätskriterien Rohholzeinkauf für Furnierproduktion	58
5.2 Situation auf dem Holzmarkt	58

5.3	Empfehlungen für die Agroforstwirtschaft	59
6	Entwurf eines neuartigen Konzeptes von Wertholzsystemen im Agroforst	60
6.1	Diversifizierung der Baumarten	60
6.1.1	Laubbäume	60
6.1.2	Nadelbäume.....	66
6.2	Diversifizierung der Holzsortimente	67
6.3	Anlage des Systems.....	67
6.3.1	Baumarten	67
6.3.2	Pflanzung	69
6.3.3	Reihenabstände	70
6.3.4	Pflanzabstände	71
6.4	Pflegemaßnahmen.....	72
6.4.1	Beikrautregulierung	72
6.4.2	Wertastungen.....	72
6.5	Ernte	73
6.5.1	Erntezeitpunkte	73
6.5.2	Sortimentsaushaltung.....	73
6.6	Ökonomik.....	74
6.6.1	Kostenaufstellung.....	74
6.6.2	Erträge nach Sortimenten	75
6.6.3	Erlösrechnung.....	75
7	Diskussion.....	77
7.1	Ergebnisdiskussion	77
7.1.1	Literaturrecherche	77
7.1.2	Experteninterviews	77
7.1.3	Beispielsystem	78
7.2	Limitation der Forschung.....	80
7.3	Empfehlungen für weiterführende Forschung.....	81
8	Fazit	82
9	Zusammenfassung.....	83
	Literaturverzeichnis	84
	Abbildungsquellen	91
	Eidesstattliche Erklärung	92
	Anhang.....	93

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Astungsmethoden	7
Abbildung 2 Schnittführung bei Wertastungen	8
Abbildung 3 Kostenkalkulation für ein Wertholzagroforstsystem mit einer Umtriebszeit von 60 Jahren	9
Abbildung 4 Gewinnberechnung für ein Wertholzsystem mit einer Umtriebszeit von 60 Jahren	9
Abbildung 5 Ökogramm der Baumarten in Mitteleuropa im Vergleich zum Herrschaftsbereich der Rotbuche	15
Abbildung 6 Begründungsformen der Forstwirtschaft	34
Abbildung 7 Bewegungsabfolge Winkelpflanzung.....	35
Abbildung 8 Pflanzsortimente Wurzelnackt.....	37
Abbildung 9 Mittlere Triebblängen von Kiefern auf verschiedenen gedüngten Parzellen	39
Abbildung 10 Aufriss eines 10jährigen Kiefernbestandes einer ungedüngten und einer gedüngten Parzelle	39
Abbildung 11 Entwicklung von Standesmittelhöhen nach verschiedener Düngung.....	40
Abbildung 12 Altersstufen des Waldes mit Pflegemaßnahmen	41
Abbildung 13 Astungsstufen in Abhängigkeit der Bestandesoberhöhe	44
Abbildung 14 Gesamteinschlag nach Holzsorten in Deutschland 2023.....	47
Abbildung 15 Jahrringentwicklung von <i>Picea abies</i> nach Düngung.....	50
Abbildung 16 Liefermengen und Durchschnittspreise der Wertholzsubmission Rheinland 2013-2024	55
Abbildung 17 Maßstabsgerechte Zeichnung der Baumhöhen und Kronenbreiten für das Beispielsystem	69
Abbildung 19 Querschnitt des Systems im 60. Standjahr.....	71
Abbildung 18 Längsansicht des Systems im 60. Standjahr	71
Abbildung 20 Pflanzplan für das Beispielsystem.....	71
Abbildung 21 Kostenkalkulation pro Einzelbaum des Systems (Mittelwerte).....	74
Abbildung 22 Ernte- und Rückekosten nach Baumarten.....	74
Abbildung 23 Gesamterlöse des Beispielsystems mit Aufstellung der einzelnen Baumarten	75
Abbildung 24 Eingesparte Astungskosten durch den Einsatz non dienenden Baumarten zur natürlichen Astreinigung	76

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Bisherige Baumartenempfehlung für die Agroforstwirtschaft	4
Tabelle 2 Interviewpartner Expertenbefragungen.....	12
Tabelle 3 Natürliche Altersstufen und daraus resultierende Pflegemaßnahmen.....	42
Tabelle 4 Holzsortimente nach RVR	48
Tabelle 5 Stärkeklassen zur Einteilung von Stammholz	49
Tabelle 6 Holzmerkmale am Stamm nach RVR	49
Tabelle 7 Holzmerkmale im Stammesinnern nach RVR.....	50
Tabelle 8 Qualitätsklassen Stammholz	51
Tabelle 9 Marktübliche Anforderungen an Wertholzabschnitte der wichtigsten Baumarten..	54
Tabelle 10 Durchschnittliche Wertholzerlöse auf Submissionen nach Baumarten.....	56
Tabelle 11 Gegenüberstellung Wertholzerzeugung der Agroforstwirtschaft und der konventionellen Forstwirtschaft mit eventuell daraus resultierenden Problemen	57
Tabelle 12 Endhöhen und Kronendurchmesser der Agroforstbaumarten.....	67
Tabelle 13 Umtriebszeiten der Baumarten im Beispielsystem.....	69
Tabelle 14 Astungshöhe der Baumarten des Beispielsystems	72

Abkürzungsverzeichnis

BHD	Brusthöhendurchmesser
C/N-Verhältnis	Kohlenstoff/Stickstoff-Verhältnis
dGZ-Stufen	Gesamtzuwachsstufen eines Bestandes
EST	Erweiterter Sortentarif
Fm/fm	Festmeter
ha	Hektar
H/D-Verhältnis	Höhe/Durchmesser-Verhältnis
ü. NN	über Normalnull
Rm	Raummeter

1 Einleitung

Die Agroforstwirtschaft ist eine Kombination von Gehölzen mit landwirtschaftlichen Nutzpflanzen und/oder Tierhaltung und gewinnt weltweit zunehmend an Bedeutung. Sie bietet zahlreiche ökologische, soziale und ökonomische Vorteile, darunter Bodenverbesserung, erhöhte Biodiversität und zusätzliche Einkommensquellen für Landwirte. Ein besonders vielversprechender Teilbereich der Agroforstwirtschaft sind die Wertholzsysteme, in denen gezielt hochwertige Baumarten angebaut und gepflegt werden, um einen möglichst hohen ökonomischen Wert zu generieren. Diese Systeme bieten nicht nur potenzielle ökologische Vorteile, sondern auch die Möglichkeit, das wirtschaftliche Potenzial von landwirtschaftlichen Betrieben erheblich zu steigern (Schulz et al., 2020).

In dieser Bachelorarbeit wird eine Neubetrachtung von Wertholzsystemen der Agroforstwirtschaft vorgenommen, wobei der Schwerpunkt auf der Entwicklung eines Beispielsystems liegt, bei dem die Wirtschaftlichkeit im Vordergrund steht. Die Motivation zu der Arbeit liegt in den Erfahrungen, die im Rahmen des Beruflichen Praktikums in einem Planungsbüro für Agroforstsysteme gesammelt wurden. Dabei habe ich festgestellt, dass in der Branche sehr oft die Begriffe Wertholz und Furnierqualität als Synonym verwendet werden, was fachlich falsch ist. Daher lag die Vermutung nahe, dass die Ziele, welche an die zu erzeugende Qualität gestellt werden, nicht erfüllt werden können. Zumal das angestrebte schnelle Wachstum nach meinen bisherigen Kenntnissen aus mehreren Praktika in der Forstwirtschaft im Widerspruch zu den erwarteten Qualitäten steht. Außerdem fielen mir beim Studieren der Anbauempfehlungen die dort genannten Holzpreise auf, die erwirtschaftet werden könnten und ich empfand diese als zu hoch angesetzt. Das Ziel dieser Arbeit ist es, diese Vermutungen fachlich einzuordnen und zu überprüfen.

Daher erfolgt die Neubetrachtung anhand einer umfassenden Literaturrecherche des Wertholzanbaus in der klassischen Forstwirtschaft und der aktuellen Holzmärkte, insbesondere der Wertholzsubmissionen. Zusätzlich werden qualitative Experteninterviews durchgeführt, um praxisnahe Einblicke und Erfahrungswerte von Seiten der Holzverarbeiter zu gewinnen. Durch diese Methodenkombination soll ein umfassendes Verständnis der ökonomischen Machbarkeit und der potenziellen Erträge diversifizierter Wertholzsysteme geschaffen werden. Daran anschließend wird ein Beispielsystem entworfen, wobei besonders ein Augenmerk auf die erzeugbare Holzqualität und die daraus resultierenden Preise gelegt wird. Dabei werden Faktoren wie Investitionskosten, Pflegeaufwand, Erntezyklen und aktuelle Marktpreise berücksichtigt. Diese Arbeit strebt an, die potentiellen wirtschaftlichen Vorteile von

Agroforst-Wertholzsystemen klar zu quantifizieren und praktikable Empfehlungen für deren Implementierung zu formulieren.

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in mehrere Abschnitte, nach der Einleitung folgt eine Darstellung des aktuellen Stands des Wissens anhand der bisher erschienenen Empfehlungen für den Wertholzanbau in Agroforstsystemen. Im methodischen Teil wird die Literaturrecherche, die Durchführung der Experteninterviews und die Entwicklung des Beispielsystems beschrieben. Die Ergebnisse werden anschließend präsentiert und diskutiert. Abschließend werden die wichtigsten Erkenntnisse zusammengefasst und Empfehlungen für die Praxis sowie Ansätze für weitere Forschung aufgezeigt.

Diese Arbeit soll einen Beitrag dazu leisten, die ökonomischen Potenziale von Wertholzsystemen in der Agroforstwirtschaft neu zu betrachten und praktische Handlungsoptionen für Landwirt:innen und Entscheidungsträger:innen aufzuzeigen.

2 Aktueller Stand des Wissens

2.1 Bisherige Wertholzerzeugung im Agroforst

Es ist wichtig zu erwähnen, dass es bis zum jetzigen Zeitpunkt keine abschließenden Erkenntnisse zur Wertholzerzeugung in Agroforstsystem gibt. Grund dafür ist schlicht und ergreifend die Tatsache, dass die Idee noch zu neu und unerforscht ist und es noch keine Systeme gibt, die bereits ausgewachsen sind und geerntet und ausgewertet wurden. Die bisherigen Systeme wurden hauptsächlich auf Grundlage eines Leitfadens angelegt, welcher im Jahr 2009 vom Institut für Waldwachstum der Universität Freiburg, dem Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg und dem Institut für Landespflege der Universität Freiburg verfasst und herausgegeben wurde. Außerdem erschien im selben Jahr ein Fachbuch mit dem Titel „Anbau und Nutzen von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen“, in welchem ebenfalls in einem Kapitel auf die Wertholzerzeugung eingegangen wird, allerdings waren die maßgeblichen Autoren bei beiden Werken dieselben. Darüber hinaus dienen die Schriften von Bender et al., 2009; Böhm, 2024; IWW Universität Freiburg, 2019; Morhart et al., 2015; Reeg, 2009; Schulz et al., 2020; Spiecker et al., 2011 und Springmann et al., 2011 als Grundlage für dieses Kapitel.

2.1.1 Baumarten

Bei den bestehenden Systemen wird vor allem auf Edellaubhölzer gesetzt, da diese im Vergleich die höchsten Wertholzpreise erzielen können. Sie bedienen oft Nischen, da sie in der Forstwirtschaft eher selten in den hohen Qualitäten erzeugt werden und somit die Nachfrage über dem Angebot liegt. Weitere Faktoren spielen bei der Artenwahl eine Rolle. Dazu zählen die Standortbedingungen der landwirtschaftlichen Fläche, auf welcher das System etabliert werden soll. Da die Bäume in der kurzmöglichsten Zeit die Wertholzdimensionen erreichen sollen, müssen die Baumarten bevorzugt werden, deren Idealstandort am nächsten mit den vorhandenen Bedingungen übereinstimmt. Des Weiteren sollten Baumarten gewählt werden, die möglichst geringe Konkurrenz hinsichtlich Nährstoffe, Wasser und Licht erzeugen, da dies die hauptsächlichen Wachstumsressourcen sind, die die landwirtschaftliche Produktion begrenzen können. Daher sollten Baumarten folgende Eigenschaften aufweisen. Es sollte ein möglichst später Blattaustrieb erfolgen, was vor allem Winterkulturen und Grünlandstandorten einen deutlichen Entwicklungsvorsprung gewährt. Ein weiterer Faktor bei der Konkurrenz um Licht ist die Lichtdurchlässigkeit der Krone, denn sehr dichte Kronen erzeugen eine höhere Schattenwirkung und führen dadurch zu Ertragseinbußen der landwirtschaftlichen Kulturen und können darüber hinaus die Qualität der Erntegüter mindern. Beim Faktor Wasser sind Baumarten zu wählen, deren Wasserverbrauch an den

Standort angepasst ist, um Stress durch Wassermangel zu vermeiden. Darüber hinaus sollten Pfahl- und Herzwurzler bevorzugt werden, da sie zum einen in tiefere Bodenhorizonte reichen und hier ihre Nährstoffe und Wasser beziehen, was die Konkurrenz mit den landwirtschaftlichen Pflanzen in den oberen Horizonten reduziert. Zum anderen wurde in Versuchen festgestellt, dass die Bäume als Wasserpumpe dienen können und dieses aus tieferen Bodenhorizonten extrahieren und in den oberen Horizonten wieder abgeben und somit für die landwirtschaftlichen Kulturen zur Verfügung stellen (Quellenangabe). Außerdem können sich diese Bäume besser verankern und sind dadurch weniger anfällig für Windwurf. Dieser kann auf Freiflächen eine starke Gefährdung darstellen. Daher sind Flachwurzler ungeeignet, zumal sich diese schlechter im Wurzelwuchs durch seitliche Beschneidung erziehen lassen und dann noch instabiler stehen. Darüber hinaus kann es durch Baumarten, die zu Allelopathie neigen und daher keimhemmend auf die umliegenden Kulturen wirken, zu Wachstumseinbußen kommen.

Laut der Quellen sollte daher vor allem auf die folgenden Arten der Edellaubhölzer gesetzt werden:

Tabelle 1 Bisherige Baumartenempfehlung für die Agroforstwirtschaft

Feldahorn (<i>Acer campestre</i>)	Spitzahorn (<i>Acer platanoides</i>)	Bergahorn (<i>Acer pseudoplatanus</i>)
Schwarzerle (<i>Alnus glutinosa</i>)	Sandbirke (<i>Betula pendula</i>)	Wildapfel (<i>Malus sylvestris</i>)
Walnuss (<i>Juglans regia</i>)	Wildbirne (<i>Pyrus pyraster</i>)	Speierling (<i>Sorbus torminalis</i>)
Wildkirsche (<i>Prunus avium</i>)	Winterlinde (<i>Tilia cordata</i>)	Sommerlinde (<i>Tilia platyphyllos</i>)
Elsbeere (<i>Sorbus torminalis</i>)	Bergulme (<i>Ulmus glabra</i>)	Flatterulme (<i>Ulmus laevis</i>)
Feldulme (<i>Ulmus minor</i>)		

2.1.2 Reihenausrichtung

Die Reihenausrichtung erfolgt nach mehreren Kriterien. Zum einen entscheidet das natürliche Relief der Fläche. Zum anderen kann die Flächenform als Hilfsmittel zur Ausrichtung dienen. Dies hat den Grund wiederum im landwirtschaftlichen System, um möglichst geringe Einflüsse auf die Bearbeitbarkeit der Fläche zu erzeugen und die Überfahrten zur Bearbeitung nicht zu erhöhen. Bei Weidehaltung kann Reihenausrichtung auch im sogenannten Keyline-Design an die Höhenlinien angepasst werden (Quellenangabe?). Auf Ackerbauflächen sollten die Reihen dagegen eher geradlinig sein und an die Bearbeitungsrichtungen angepasst werden.

Eine große Rolle in der Reihenausrichtung spielt der Schattenwurf, denn dieser hat einen direkten Einfluss auf die Ackerkulturen. Eine Nord-Süd-Ausrichtung wird als optimal angesehen, da der Kronenschatten der Mittagssonne auf die Baumreihen selbst fällt und die

landwirtschaftlichen Kulturen volle Lichtintensität erhalten. Bei einer Ost-West Ausrichtung befinden sich die Baumschatten immer auf der nördlich gelegenen Anbaufläche, was zu Ertragseinbußen und Qualitätsminderungen führen kann.

In den ersten 20 Jahren wird kein Einfluss durch den Schattenwurf auf die Kulturen erwartet (Quellenangabe). In der alten Literatur ist bei Erreichen der Endgrößen der Bäume noch die Rede von wahrscheinlichen Ertragseinbußen der Ackerkulturen von im Schnitt 30%. In neueren Erhebungen, welche Licht-Schatten-Modelle von wertgeasteten Bäumen verwenden, konnte gezeigt werden, dass die Schattenwirkungen und die Absenkung der Strahlungsintensitäten wesentlich geringer ausfallen als vermutet.

2.1.3 Reihenabstände

Die Reihenabstände richten sich immer nach dem landwirtschaftlichen System. Dabei spielen die Arbeitsbreiten der landwirtschaftlichen Maschinen die entscheidende Rolle. In der Regel sind die Maschinen mit den größten Arbeitsbreiten auf den landwirtschaftlichen Betrieben Düngerstreuer und Spritze. Diese können Arbeitsbreiten von bis zu 24 m haben. Daher wird dies in den meisten Planungen als Mindestabstand angesehen, je nach Flächengröße können die Abstände auf ein Vielfaches von 24 m angehoben werden. Auch die weiteren Maschinen des Betriebes und der eventuell beschäftigten Lohnunternehmen sollten beachtet und mit einbezogen werden, ein gutes Maß ist das des kleinsten gemeinsamen Vielfachen der vorhandenen Arbeitsbreiten. Hauptziel bei der Planung der Reihenbreiten ist, Überfahrten für Reststücke zu vermeiden.

2.1.4 Pflanzabstände

Die Pflanzabstände ergeben sich aus zwei Parametern, zum einen den Abständen der Reihen zueinander und den Pflanzabständen zwischen zwei Bäumen in der Reihe. Die Abstände der Bäume werden aus dem zu erwartenden Kronendurchmesser bei Erreichen des Stamm-Zieldurchmessers und einem prozentualen Aufschlag errechnet. Dieser ergibt sich aus dem Überschirmungsgrad, der in einem geschlossenen Reinbestand erreicht wird. In geschlossenen Waldbeständen gibt es unüberschirmte Kronenbereiche. Der Anteil dieser dient als Aufschlag. Er entspricht bei Esche und Ahorn 30 % und bei der Vogelkirsche 50 %. Aus diesen Parametern ergeben sich leicht unterschiedliche Pflanzabstände je nach betrachteter Baumart. Daher hat sich der Durchschnittswert von 15 m in der Praxis durchgesetzt und die Bäume werden unabhängig von der Art in diesem Abstand gepflanzt. Um möglichen Ausfällen entgegenzuwirken und diese ausgleichen zu können, kann auch in Kleingruppen von drei Bäumen mit einem Abstand von 2 m zueinander gearbeitet werden. Dabei sollte zwischen zwei Gruppen jeweils von Gruppenmitte zu Gruppenmitte der Abstand

von 15 m eingehalten werden. Später wird der am schönsten wachsende Baum durch Entnahme der andere beiden gefördert.

2.1.5 Pflanzung

2.1.5.1 Pflanzsortimente

Es werden in erster Linie wurzelnackte Sortimente verwendet, welche möglichst groß gewachsen, also mehrfach verschult wurden. Auch Containerware kommt gelegentlich zum Einsatz, ist aber teurer. Die Bäume sollten, so die Einschätzung der Experten, bestenfalls über 1,5 m groß sein. Der Grund liegt in der Annahme, dass diese größeren Pflanzen eine höhere Toleranz gegen die Konkurrenz der umliegenden Vegetation, wie Ackerkulturen und Grünland, aufweisen. Zudem wird angenommen, dass diese Pflanzen durch den Vorsprung schneller wachsen und somit eher Erfolge zu sehen sind, was als positiv für die Außenwirksamkeit angesehen wird.

2.1.5.2 Pflanzmethode

Es wird in der Literatur empfohlen, mit der sogenannten Lochmethode zu pflanzen, also mit einem Spaten oder einem Erdbohrer ein Loch auszuheben, in welches die Pflanze gesetzt wird. Dabei ist auf eine Schonung der Wurzeln zu achten, um diese nicht zu schädigen. Die beste Pflanzzeit ist entweder im Herbst oder im Frühling. Sollten viele Mäuse auf den Flächen sein, ist es sinnvoll einen Wurzelschutz aus unverzinktem Drahtgeflecht anzubringen. Dabei wird das Loch vor dem Setzen der Bäume mit Draht ausgekleidet und dann der Baum hineingesetzt, anschließend wird der Draht über den Wurzeln bis an den Stamm gelegt. Dabei ist es wichtig, dass der Stamm nicht beschädigt wird. Der unverzinkte Draht zersetzt sich nach den ersten Jahren und ermöglicht den Wurzeln eine ungehinderte Ausdehnung.

2.1.5.3 Pflanzenschutz

Wie in der Forstwirtschaft wird gegen Wildverbiss in den meisten Fällen auf Kunststoffwuchshüllen gesetzt. Diese werden bei Pflanzung angebracht. Außerdem werden vor allem bei Agrofortsystemen mit Weidehaltung stabilere Schutzsysteme genutzt, diese können sowohl aus Metallgittern bestehen, als auch feste Holzkonstruktionen sein, je nach den gehaltenen Weidetieren. Da Ziegen als Konzentratselektierer Gehölze sehr stark durch Verbiss schädigen können, wird bei ihrer Haltung geraten, die Agroforststreifen fest einzuzäunen. Außerdem werden bei hochwertigen Pflanzsortimenten Wühlmauskörbe aus Drahtgeflecht als Wurzelschutz eingesetzt. Daher stellen bei den Pflanzungen die Schutzmaßnahmen die größten Investitionen dar und diese übersteigen die Kosten für das Pflanzgut in der Regel um ein Vielfaches (Quellenangabe).

2.1.6 Pflegemaßnahmen

2.1.6.1 Beikrautregulierung

Die Flächen der Agroforststreifen sollten regelmäßig gepflegt werden, um die Konkurrenz um ... zu reduzieren. Dies hat besondere Wichtigkeit in den ersten Wuchsjahren, da die Begleitvegetation zu großem Konkurrenzdruck und Wuchsdepressionen der Bäume führen kann. Es sollte vor allem die direkte Umgebung der Bäume freigehalten werden. Dabei können sowohl mechanische als auch chemische Mittel Einsatz finden. Als chemische Mittel werden Herbizide eingesetzt, die sehr gute Wirksamkeiten zeigen und weniger arbeitsintensiv als die mechanischen sind. Allerdings sind sie aus ökologischen Gesichtspunkten fragwürdig. Die mechanische Beikrautregulierung kann durch Freischneider, Mulcher und ähnliches erfolgen.

Außerdem kann zur ökologischen Aufwertung der Gehölzstreifen eine Blümmischung gesät werden.

2.1.6.2 Wertastung

Die Wertastungen erfolgen bis zu einer Höhe von 1/3 der Endhöhe der Wertholzbäume, dies sind je nach Art zwischen 7 und 10 m. Dabei erfolgen die Astungen bis zum 20. Lebensjahr und werden alle 2-4 Jahre durchgeführt. Regelmäßiges Astens soll vermeiden, dass die Äste zu dick werden. Durch den Standort im Freiland werden wesentlich mehr Seitenäste gebildet und das Höhenwachstum läuft langsamer ab als auf Waldstandorten. Die geringeren Astungshöhen führen zu einem schnelleren Dickenwachstum, was trotz der geringen Schaftlänge die Wertigkeit steigern soll. Die Schnittmaßnahmen werden wie in der Forstwirtschaft mit Astsägen und -scheren durchgeführt und später werden Leitern zu Hilfe genommen.

Die Astungen können nach der klassischen Forstmethode erfolgen, aber auch selektiv vorgenommen werden (siehe Abbildung 1). Dabei werden die Äste vorgreifend entfernt, d.h. es werden nicht einfach alle Äste bis zu einer bestimmten Höhe entfernt, sondern das Hauptaugenmerk liegt auf anderen Kriterien. Wie z.B. bei Ästen über 3 cm Dicke und auf steil wachsenden Ästen. Diese werden in der gesamten Krone entfernt. Bei der letzten Astung werden alle Äste bis zur gewünschten Astfreiheit entfernt. Die Vorteile dieser Methode

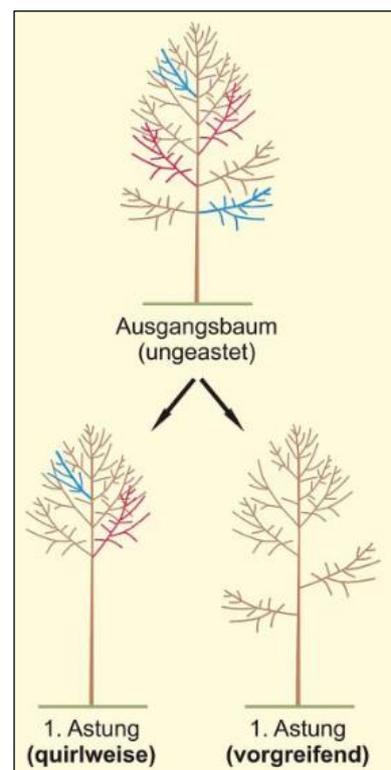


Abbildung 1 Astungsmethoden

liegen neben der Vermeidung großer Astwunden bei einer Reduktion der Wasserreiserbildung

durch eine Erhaltung der teilweisen Beschattung des Stammes. Allerdings ist diese Methode zeitintensiver als die klassische Form und dadurch mit höheren Kosten verbunden.

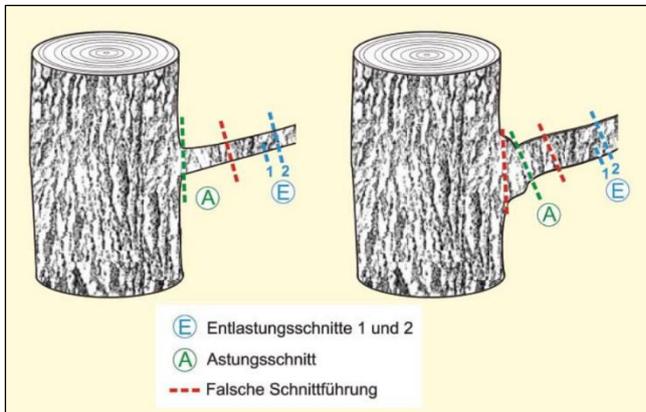


Abbildung 2 Schnittführung bei Wertastungen

Sehr wichtig für das gesunde Überwallen ist die sorgfältige Schnittführung. Dabei sollten zuerst Entlastungsschnitte gesetzt werden, um ein Ausreisen aufgrund des Astgewichtes zu verhindern. Darüber hinaus sollte möglichst stammnah entastet werden. Dies sorgt für einen guten Wundschluss und hält die Fehler im Holz gering. Bei Bäumen die Astringe ausbilden, darf dieser niemals verletzt

werden und es sollte sauber parallel zum Astring geschnitten werden (Abb. 2). Eine Darstellung von den Auswirkungen falscher Schnittführungen findet sich in Anhang 1.

2.1.7 Ernte

Es wird von Umtriebszeiten von 60-80 Jahren bei den Wertholzbaumarten ausgegangen, um Zieldurchmesser von 60 cm zu erreichen. Bei den Wildostbaumarten wird mit 70-80 Jahren bis zum BHD von 45 cm gerechnet. Die Empfehlungen setzen alle auf motormanuelle Erntemethoden, sodass die Fällungen mit Motorsägen von geschultem Fachpersonal durchzuführen sind. Es sollte aufgrund der Bodenverhältnisse und der im Sommer vorhandenen landwirtschaftlichen Kulturen in den Wintermonaten gefällt werden. Es kann ratsam sein, die Bäume je nach Marktlage und Nachfrage nach bestimmten Holzsorten länger auf den Flächen zu belassen, um finanzielle Einbußen im Verkauf zu vermeiden. Die jeweilige Sortimentsaushaltung sollte sich entweder an den Anforderungen forstlicher Submissionen orientieren oder bei Direktabnehmern mit diesen abgestimmt werden.

2.1.8 Kosten und Erlöse

Sowohl die Pflanzkosten als auch die angestrebten und erzielbaren Erlöse sind vielfach in den Empfehlungen aufgeführt. Dabei unterscheiden sich die Kosten nur geringfügig und bewegen sich für den gesamten Produktionszeitraum im Bereich zwischen 243,88 € und 288,60 € pro Baum. Dabei wird je nach Literatur eine Verzinsung der Kosten von 2-3 % angenommen. Als Beispiel dient die Kostenaufstellung der jüngsten Veröffentlichung zur Wertholzerzeugung von 2020 (Abb. 3). Es werden alle Kosten inkl. Materialien und Arbeitszeit detailliert aufgeführt und kalkulatorisch der Verzinsung unterzogen.

	Bewirtschaftungsjahr	Tätigkeit/ eingesetztes Material	Benötigte Arbeitszeit [min]	Entstehende Kosten [€]	
				Kosten ohne Zinsen	Kosten inkl. 2% Zinsentgang
Pflanzung	0	Pflanzgut		5	16,4
		Erdbohrer motormanuell		2	6,6
		Schutzhülle inkl. Pflanzstab		3,5	11,5
		Arbeitszeit Pflanzung	15	7,5	24,6
Pflege	1	Begleitwuchsregulierung	5	2,5	8
	2	Begleitwuchsregulierung	5	2,5	7,9
	3	Begleitwuchsregulierung	5	2,5	7,7
	1-3	2 Ästungen à 5 min	10	5	15,8
	4-7	2 Ästungen à 10 min	20	10	29,1
	8-15	3 Ästungen à 15 min	45	22,5	59,0
Ernte	60	Motorsäge (5,5-6 €/h)		12	12
		Schlepper (15 €/h)		30	30
		Arbeitszeit Ernte	120	60	60
Summen	Nur Arbeitszeit		225	112,5	212,1
	Nur Material			52,5	76,5
Gesamtkosten				165,0	288,6

Abbildung 3 Kostenkalkulation für ein Wertholzagroforstsystem mit einer Umtriebszeit von 60 Jahren

In allen Veröffentlichungen, welche die möglichen Erlöse thematisieren, wird für die Wertholzabschnitte mit Längen von bis zu 10 m und BHD von 60 cm ein Preis von rund 400 €/fm angegeben. Nur in der Veröffentlichung von Spiecker et al. (2011) wird von höheren Preisen ausgegangen, diese liegen bei gleichen Qualitäten bei 800 €/fm. Das restliche anfallende Holz der Kronenanteile wird in allen Rechnungen als Brennholz vermarktet, dabei liegen die angenommenen Preise im Bereich von 30-35 €/fm. Somit ergeben sich je nach

Leistung		
Pflanzung	Bäume/ha	30
Ausfall	Bäume/ha	5
Wertholzertrag	FM/Baum	1,4
Holzpreis	€/FM	400
Erlös Wertholz	€/Baum	560
Erlös Brennholz	€/Baum	132
Gesamterlös	€/Baum	692
Gesamterlös	€/ha	17.300

Abbildung 4 Gewinnberechnung für ein Wertholzsystem mit einer Umtriebszeit von 60 Jahren

Betrachtung Gewinne pro Wertholzbaum zwischen 443,80 € und 1861,12 €, dabei sind die Fm-Mengen der angenommenen Wertholzabschnitte annähernd gleich. Die zur oberen Kostenaufstellung gehörende Gewinnberechnung ist in Abbildung 4 ersichtlich.

3 Methoden

3.1 Literaturrecherche

In der vorliegenden Arbeit wurde im ersten Schritt eine Sekundärforschung in Form einer Literaturrecherche durchgeführt. Dabei wurde das Augenmerk auf die Einordnung aus forstwirtschaftlicher Sicht gelegt und der klassische Wertholzanbau in Waldgesellschaften dargelegt. Es wurden die in der Forstwirtschaft angebaute Baumarten mit Wertholzpotalential portraitiert und dabei das Augenmerk auf die Herkunft, Standortansprüche, Wuchsleistungen und Verwendbarkeit gelegt. Daran anschließend wurden die Anbausysteme und -methoden detailliert beschrieben und um Themen erweitert, die besonders relevant für die Agroforstwirtschaft sind, wie u.a. Wachstumseffekte unter Düngereinfluss, die als Grundlage dienen, um voraussichtliche Wuchsleistungen auf landwirtschaftlichen Standorten aufzuzeigen. Sehr wichtig für die Entwicklung des Systems waren die ökonomischen Betrachtungen, dafür wurden im ersten Schritt die Holzqualitätsmerkmale zusammengefasst, auf deren Grundlage die Erlöse ermittelt werden. Anschließend wurden die Entwicklungen auf dem Holzmarkt, gegliedert nach Sortimenten, betrachtet, um einen Überblick über den aktuellen Holzmarkt zu geben.

Bei der Erstellung dieses Teils wurde auf Forstliteratur zurückgegriffen. Diese umfasste neben aktuellen Lehrwerken auch forstwirtschaftlich relevante Standardwerke, welche teilweise im vorherigen Jahrhundert erschienen sind. Da Waldgesellschaften sehr lange Umtriebszeiten aufweisen und somit Jahrzehnte lange Forschung nötig ist, um fundierte Aussagen treffen zu können, wurden die wissenschaftlichen Erkenntnisse dieser Versuche und der daraus resultierenden Veröffentlichungen als auch heutzutage relevant betrachtet. Ein weiterer Grund dafür ist, dass einige Forschungen heute nicht weiterverfolgt werden, aber die Ergebnisse daraus relevant für das vorliegende Thema sind. Darüber hinaus wurden für Holzmarktanalysen einschlägige Fachzeitschriften und die veröffentlichten Ergebnisse von 13 Submissionsstandorten als Datengrundlage mit einbezogen. (baysf, 2024; forstwirtschaft-in-deutschland.de, 2024; FVO, 2024; Holzkurier, NaN; Landesforsten Niedersachsen, 2023, 2024a, 2024b, 2024c; LANDESFORSTEN RHEINLAND-PFALZ, 2024a, 2024b; Rheinland-Pfalz, 2024a, 2024b; Sachsenforst; Wald und Holz, 2024; WBV, 2024; WBV Coburger Land, 2023a, 2023b)

Die Literatur wurde gesichtet und bei unterschiedlichen Erkenntnissen mit weiteren Schriften abgeglichen und neu eingeordnet, um ein umfassendes und aktuelles Bild zu erhalten. Vor allem bei den Holzmärkten wurden aktuelle Entwicklungen berücksichtigt, um in der späteren ökonomischen Betrachtung des Beispielsystems mit fundierten Zahlen arbeiten zu können.

Zum Abschluss dieses Teils wurde eine Übersicht erstellt, die die Unterschiede zwischen der Arbeitsweise der Forstwirtschaft und den empfohlenen Methoden des Wertholzanbaus in der Agroforstwirtschaft aufzeigt. Dabei wurde besonderer Wert auf die sich daraus möglicherweise ergebenden Probleme gelegt. Vor allem die Probleme, für die es keine verwertbare Literatur gab, wie die Holzqualitäten für die Furniererzeugung und die erwartbaren Preise für die Qualitäten aus den Agroforstsystemen, wurden im Anschluss mit Fachleuten aus der Forstwirtschaft und Wertholzbranche in Form von Experteninterviews eingeordnet.

3.2 Experteninterviews

Im Anschluss an die Literaturrecherche wurde eine qualitative Forschung in Form von Experteninterviews durchgeführt. Bei dieser strukturierten Forschungsmethode wurden Gespräche mit Fachleuten aus der Forstwirtschaft und Wertholzbranche geführt. Dabei fanden die im vorherigen Kapitel aufgezeigten möglichen Probleme in der Wertholzerzeugung auf landwirtschaftlichen Standorten als Gesprächsleitfaden Verwendung. Die Gespräche wurden als Problemzentriertes Interview geführt. Es wurden im Gesprächsverlauf zuerst die Hintergründe der Erstellung der Arbeit erläutert und das Thema eingeordnet. Daran anschließend fand mit den Experten ein Austausch über die möglichen Probleme statt. Dabei wurden diese als offene Fragen formuliert, um eine Beeinflussung der interviewten Personen aufgrund der Fragestellung zu vermeiden. Es ergaben sich detaillierte Gespräche zu den Problemfeldern. Diese entwickelten sich stellenweise sehr dynamisch und es wurden thematisch daran angrenzende Themenfelder beleuchtet. Im Gesprächsverlauf wurde Wert darauf gelegt, durch Rückfragen den Verlauf dahingehend zu beeinflussen, dass alle Probleme angesprochen und diskutiert wurden.

Als Fachleute wurden 3 Menschen interviewt, dies waren zwei Rundholzeinkäufer für führende Furnierwerke in Deutschland und eine Person, die für den Holzverkauf bei einem Landesbetrieb tätig ist (Tab. 2). Es wurden auf Grundlage von einer Vorlage der Universität Bielefeld eine Einverständniserklärung über die Verwendung der erhobenen Daten und Erkenntnisse erstellt und von den Interviewpartnern unterzeichnet zurückgesandt (Universität Bielefeld, 2024).

Tabelle 2 Interviewpartner Expertenbefragungen

Name	Firma	Zuständigkeitsbereich
Leo Weyherter	Schorn & Groh GmbH	Rundholzeinkauf
Martin Riedmann	Furnierwerk Fritz Kohl GmbH & Co. KG	Rundholzeinkauf
Dieter Hanke	Landesbetrieb HessenForst	Sachbearbeiter Holzverkauf/Submissionen

Die Gespräche wurden telefonisch geführt und die Inhalte der einzelnen Interviews sind in Form von stichpunktartigen Ergebnisprotokollen in den Anhängen 2-4 ersichtlich. Es wurde bewusst auf eine wortwörtliche Transkription verzichtet, da durch die gewählte Interviewform der Gesprächsverlauf einem natürlichen Gespräch ähnelt. Dadurch lassen sich die Ergebnisse nur schwer übersichtlich darstellen. Außerdem wurden neben den längeren Interviews auch Telefonate mit weiteren Fachleuten geführt, um Unklarheiten aus dem Weg zu räumen, wie z.B. die Einordnung von Buntlaubhölzern auf Holzmarkt, weil es dazu nur wenige verlässliche Zahlen gibt. Darüber hinaus wurden Telefonate mit weiteren Furnierfirmen geführt, diese beinhalteten lediglich eine Abfrage, ob die erzeugbaren Holzqualitäten aus Agroforstsystemen als Rohholz für die betreffenden Firmen infrage kommen würde.

3.3 Entwicklung des Beispielsystems

Auf Grundlage der zuvor gewonnenen Erkenntnisse wurden im ersten Schritt weitere mögliche Baumarten betrachtet, die für Agroforstsysteme relevant sein könnten. Dabei wurde neben den Empfehlungen der Baumarten für den Klimawandel auch die Anregungen der Experten mit einbezogen. Danach wurde das Thema Holzsortimente noch einmal aufgegriffen, da es nach den Erkenntnissen der Interviews und der Nachfrage bei den weiteren Furnierwerken zu einer Anpassung der Systeme kommen muss, da keine Firma ein Potential für die Holzqualitäten aus den Agroforstsystemen für die Furniererzeugung sieht.

Daran anschließend wurde die Überlegung angestellt, wie ein neues Design der Gehölzstreifen aussehen könnte. Dabei spielte das landwirtschaftliche System nur eine Nebenrolle. Da es nur darum geht eine neue Möglichkeit aufzuzeigen, wie die Gehölzstreifen gestaltet sein könnten, wurde auf die Erstellung eines Systems in einem beispielhaften Betrieb verzichtet. Es wurde lediglich zugrunde gelegt, dass es sich um eine ackerbaulich genutzte Fläche handelt. Die Standortfaktoren entsprechen denen eines mittleren Landwirtschaftlichen Standortes, um dem Durchschnitt der deutschen Landwirtschaftsbetriebe gerecht zu werden. Auf Anraten der Experten gab es mehrere Ziele, die das System erfüllen sollte. Zum einen sollten die Umtriebszeiten verlängert und das Wachstum verlangsamt werden, um engere

Jahrringbreiten zu erreichen, außerdem wurde geraten, gezielt Konkurrenz zu erzeugen, am besten mit Hilfe von dienenden Baumarten. Eine weitere Vorgabe, die sich mit den bereits vorhandenen Empfehlungen der Agroforstwirtschaft deckt, war die Empfehlung, eine Auswahl an Baumarten zu pflanzen, um später ein breites Portfolio auf den Markt zu bringen. Das Design wurde mehrfach überarbeitet und war zunächst als einreihiges System geplant, welches verschiedene Baumhöhen in einer Art Schichtung der verschiedenen Höhenklassen verbindet, um die Pflanzabstände zu verringern. Nach mehrmaligem Überarbeiten und Rücksprachen mit den Experten wurde ein dreireihiges System entworfen, welches waldähnliche Konkurrenz erzeugen kann und somit das Höhenwachstum fördert und gleichzeitig das Dickenwachstum verlangsamt, so die Annahme. Um das System abzubilden, wurden maßstabsgerechte Zeichnungen im Quer- und Längsschnitt angefertigt. Zudem wurde ein Systemplan der verschiedenen Stadien gezeichnet. Um die endgültigen Dimensionen der Bäume einzuordnen, kamen die forstwirtschaftlichen Ertragstafeln zum Einsatz. Dabei wurden auf Anraten der Experten die Werthölzer in Ertragsklasse I und die Hainbuche in Klasse II,5 eingeordnet. Da es im geplanten System nur für Hainbuche, Douglasie und Lärche Ertragstafeln gab, konnten nur diese damit berechnet werden. Die Hybridlärche wurde im Dickenwachstum wie die Douglasie betrachtet, allerdings mit einer geringeren Endhöhe (LDA Brandenburg, 2009; Nw-fva, 2024).

Für die weiteren Baumarten wurden die bisher angenommenen Zieldurchmesser für die Kalkulation angewendet, wobei durch die Konkurrenz die Umtriebszeit zur Erreichung dieser auf 80 Jahre angehoben wurde. Die Endhöhen ergaben sich aus Literaturwerten.

Die Verzinsung in der Kostenkalkulation wurde wie in den bisherigen Betrachtungen mit 2 % festgelegt. Sie erfolgte nutzungsspezifisch und naumartenindividuell, da nicht bei allen Baumarten die gleichen Kosten anfallen. Es wurden die derzeitigen landwirtschaftlichen Löhne zugrunde gelegt und ein Bruttolohn von 20 €/h angenommen. Zur Ermittlung der Arbeitszeit für die Beikrautregulierung kam eine Mulcherkalkulation der KTBL zum Einsatz. Zur Festlegung der Erntekosten kam das Berechnungsprogramm der KWF auf Grundlage der „Datenbasis Forstwirtschaft und Waldtechnik“ zum Einsatz. Dabei wurde davon ausgegangen, dass der Einschlag motormanuell erfolgt und die Rückung durch einen Traktor mit Rückeanhänger und zugehöriger Kraneinheit übernommen wird. Daher wurden für die Kalkulation die Preise eines Forwardereinsatzes gewählt, da diese vergleichbar mit dem oben genannten Traktoreinsatz sind (Ktbl, 2024; KWF, 2023a, 2023c; Landwirtschaftskammer Niedersachsen, 2024).

Für die Ermittlung der Erlöse wurden die Baumvolumen auf Grundlage der Volumenformel nach Denzin berechnet. Daran anschließend fand die Ermittlung der Mittendurchmesser ohne

Rinde statt, dazu wurde von einer Vollholzigkeit der Stämme ausgegangen und pauschal pro Meter Stamm 1cm Durchmesser reduziert, was dem Maximalwert entspricht, welcher noch das Attribut Vollholzigkeit für die Stämme zulässt. Der so erzeugte Wert wurde baumartenindividuell, um die Rindenabzugswerte nach RVR korrigiert. Daraus ergab sich unter Einbezug der astfreien Schaftlänge das Wertholzvolumen. Der daraus resultierende Rest wurde als Brennholz betrachtet und für 40 €/fm als Erlös mit einbezogen. Dies entspricht dem aktuellen durchschnittlichen Brennholzpreis (Rast, 2023).

Der Wert der einzelnen Wertholzstammabschnitte hat sich aus den Submissionsergebnissen ermitteln lassen. Hierfür diente als Grundlage eine Gesamtaufstellung der Rundholzverkäufe der letzten 10 Jahre des Landes Niedersachsen für die Baumarten Eiche und Buche. Dies waren die einzigen verwertbaren Zahlen für die Preise aller Stärkeklassen und Qualitäten, die bei der Recherche der Arbeit gefunden werden konnten. Zunächst fand als Ergebnis der Interviews eine neue Qualitätseinordnung des Wertholzes statt. Es wurde für alle Wertholzabschnitte in die Klasse A/B sortiert. Hieraus ergab sich, dass die fm-Preise dieser Klasse im Schnitt der letzten 10 Jahre Erlöse erwirtschafteten, welche 20 % unter denen der Submissionen lagen. Daher fanden für die Erlösbetrachtungen die Durchschnittswerte der Submissionen Anwendung und die dort erreichten Preise wurden um den besagten Prozentsatz reduziert. Davon ausgenommen blieb die Baumart Birke, denn sie wurde nur wenig auf den Submissionen angeboten und die erzielten Preise wurden für geringere Stärkeklassen geboten, als im Beispielsystem erzeugt werden, daher wurde hier der Submissionspreis beibehalten.

4 Etablierte klassische Wertholzsysteme (Forstwirtschaft)

4.1 Verwendete Baumarten mit Standortansprüchen und Wuchseigenschaften

Durch die Baumartenwahl wird der Bestandsaufbau maßgeblich festgelegt. Dieser ist entscheidend für die Struktur und die Funktionsweise des Waldökosystems. Außerdem ist er bestimmend für das Begründungsverfahren und entscheidend für den Pflegeaufwand der kommenden Jahrzehnte. Ebenso hängen die zu erwartenden Zuwächse und somit die zukünftigen Werterträge davon ab. Dadurch ist die Baumartenwahl eine der bedeutendsten Entscheidungen im Waldbau. Abbildung 5 zeigt ein Ökogramm, welches die in Mitteleuropa waldbildenden Baumarten im Vergleich zum Herrschaftsbereich der Buche (*Fagus sylvatica*) darstellt. Dieser ist grün dargestellt. Dabei stellt die Größe der Schrift den Beteiligungsgrad der jeweiligen Baumart an der Waldgesellschaft dar, wenn natürliche Konkurrenzverhältnisse zu Grunde gelegt werden (Bartsch et al., 2020).

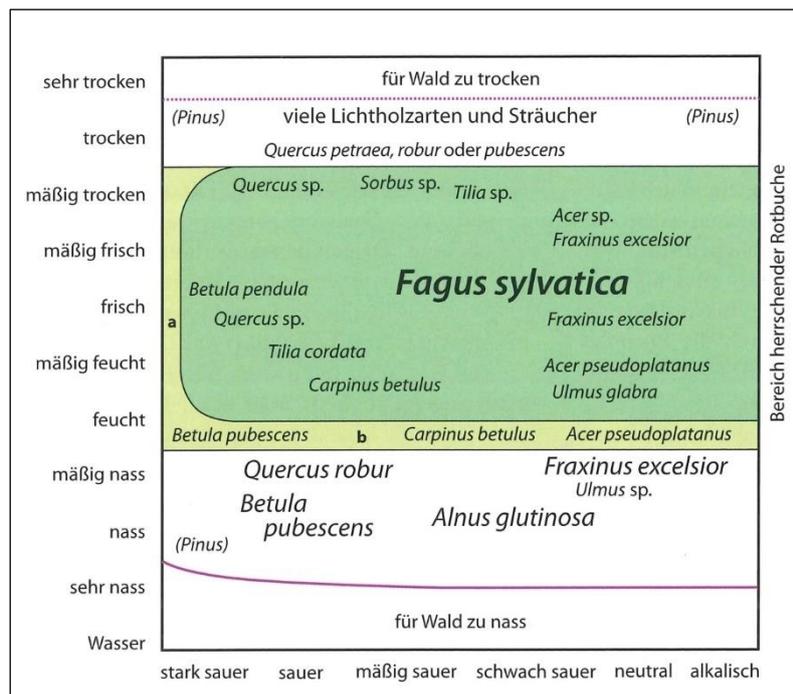


Abbildung 5 Ökogramm der Baumarten in Mitteleuropa im Vergleich zum Herrschaftsbereich der Rotbuche (*Fagus sylvatica*)

Maßgeblich für das jeweilige Baumartenportfolio sind die Ziele des Waldbesitzers. Dieser ist abhängig von seinen eigenen finanziellen Mitteln und vom zukünftigen Standort. Dadurch kann das mögliche Artportfolio stark eingeschränkt sein. Darüber hinaus sollten die forstlichen Herkunftsempfehlungen für den jeweiligen Standort zurate gezogen werden, um die Provenienzen einzelner Baumarten festzulegen (Bartsch et al., 2020).

Im Folgenden wird auf die wichtigsten Baumarten der forstlichen Wertholzerzeugung eingegangen.

4.1.1 Laubbäume

4.1.1.1 *Fagus Sylvatica* (Rotbuche)

Die Rotbuche ist auf optimalen Standorten allen anderen Baumarten überlegen. In Mitteleuropa ist sie bestandsbildend und stellt das Klimaxstadium dar (Pirc, 2012). Bartsch et al. (2020) bezeichnet sie als beherrschende Baumart Mitteleuropas.

An den Standort stellt *F. sylvatica* keine besonderen Anforderungen, allerdings werden nährstoffreiche, tiefgründige Böden bevorzugt (Grulich et al., 2022). Nach Bartsch et al. (2020) weist sie eine große klimatische Spannweite auf, diese liegt bei Jahresmitteltemperaturen von 4-12 °C und Niederschlagsmengen von 450-2000mm. Dadurch ist sie von warmtrockenen Tieflagen bis in die Hochgebirge verbreitet.

Die Rotbuche bildet das typische Wurzelsystem des Herzwurzlers aus. Es werden Wurzeltiefen von 1 bis 1,4 m erreicht, Pirc (2012) spricht von 1,5 m. Das System ist sehr ausladend und kann in der Breite die Krone deutlich überschreiten. Anzumerken ist, dass die Wurzeln sehr empfindlich gegenüber Eingriffen wie Abgrabungen, Versiegelungen, Verdichtungen, etc. reagieren.

Es sind große, mächtige Bäume mit einer Höhe von bis zu 45 m und einer Kronenbreite von 15-20, seltener bis 25 m. Sie ist mit 200 Jahren ausgewachsen, kann jedoch ein Alter bis 400 Jahre erreichen (Pirc, 2012). Sie ist in Mitteleuropa die Baumart mit der höchsten Schattentoleranz, junge Bäume können bei 2% der Freilandstrahlung überleben. Allerdings zeigt sie auch bei guten Lichtverhältnissen ein langsames Jugendwachstum (Bartsch et al., 2020).

Die Wertleistung von Buchenholz ist im Vergleich zu anderen Baumarten nicht sehr hoch, dies liegt vor allem daran, dass das Holz sowohl keine besonderen technologischen Eigenschaften aufweist, als auch nicht sehr dekorativ ist. Außerdem kommt es bei mittelalten bis alten Bäumen häufig zu Qualitätsminderungen durch Drehwuchs und Farbkerne (Bartsch et al., 2020).

4.1.1.2 *Acer spec.* (Ahorne)

4.1.1.2.1 *Acer pseudoplatanus* (Bergahorn)

Das natürliche Verbreitungsgebiet umfasst die Gebirge in Mittel-, Ost- und Südeuropa. Nach Bartsch et al. (2020) wurde keine mitteleuropäische Laubbaumart so stark weltweit verbreitet wie der Bergahorn.

Er wächst meist in montanen, artenreichen Mischwäldern und bildet keine Reinbestände. Er kommt auf Höhen bis 1700 m vor und bevorzugt mäßig frisch bis feuchte, basenreiche Lehmböden in luftfeuchter Lage (Bartsch et al., 2020). Er ist empfindlich gegen Hitze und anhaltende Boden- und Lufttrockenheit. Allerdings kann er in der Jugendphase Trockenperioden lange überstehen. Er verträgt keine Staunässe und flach anstehendes Grundwasser (Bartsch et al., 2020).

Mit seinem Herzsenkwurzelsystem bildet er den Übergang zwischen den Herz- und Tiefwurzlern. Daher wird er in der Literatur unterschiedlich definiert, bei Bartsch et al. (2020) als Herzwurzler und bei Pirc (2012) als Tiefwurzler. Vor allem die Horizontalwurzeln sind deutlich ausgeprägt, wobei der Oberboden sehr intensiv durchwurzelt wird.

Acer pseudoplatanus wächst zu Bäumen mit einer Höhe von 35-40 m heran und erreicht dabei eine Kronenbreite von 15-20 m. Das Wachstum in Höhe und Breite setzt früher als bei der Rotbuche ein und kulminiert bereits im Alter von 12-15 Jahren, ab 20-25 Jahren nimmt es deutlich ab, daher muss der Kronenausbau im Stangenholzstadium gefördert werden (Bartsch et al., 2020).

Bergahornholz hat einen höheren Wertertrag als Buche und dabei werden nicht nur stark gewachsene, fehlerfreie Stämme von heller Farbe geschätzt, ebenso besteht eine besondere Nachfrage nach Wuchsanomalien wie Riegel- und Vogelaugen-Ahornholz (Bartsch et al., 2020). Es wird für Furniere, Parketthölzer, im Möbelbau und im Instrumentenbau eingesetzt (Grulich et al., 2022; Pirc, 2012).

4.1.1.2.2 *Acer platanoides* (Spitzahorn)

Der Spitzahorn hat in Mitteleuropa eine ähnliche Verbreitung wie der Bergahorn, allerdings kommt er wesentlich weiter nördlich bis Mittelschweden und nordöstlich bis zum Ural vor. Er wird wie *A. pseudoplatanus* weit über das ursprüngliche Verbreitungsgebiet angebaut (Bartsch et al., 2020).

Der Spitzahorn kommt auch auf schweren, feuchten und wechselfeuchten Böden und in Auwäldern vor, welche vom Bergahorn gemieden werden. Allerdings ist er in den Gebirgen weniger verbreitet, nach Pirc (2012) ungeeignet für saure Standorte und Sandböden, da er auf diesen Standorten „versagt“. Er ist toleranter bezüglich der Nährstoff- und Wasserversorgung als der Spitzahorn, benötigt aber wärmere Standorte (Bartsch et al., 2020).

Bei den Wuchsleistungen und Lichtansprüchen gibt es keine Unterschiede zwischen *A. platanoides* und *A. pseudoplatanus*. Das Holz ist durch eine etwas dunklere Färbung und dezentere Zeichnung gekennzeichnet. Einhergehend mit einer schlechteren Bearbeitbarkeit wird er niedriger als Bergahorn bewertet (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

4.1.1.2.3 *Acer campestre* (Feldahorn)

Das Verbreitungsgebiet des Feldahorns erstreckt sich weiter nach Nordwesten und Süden als das der beiden anderen Ahornarten. Allerdings bleibt er in der nördlichen Ausbreitung hinter *A. platanoides* zurück (Bartsch et al., 2020).

Acer campestre ist eher schwachwüchsig und kommt als Halbschattenbaumart vor allem in Randgebieten von Laubmischwäldern und innerhalb sehr lichter Bestände ohne geschlossenes Kronendach vor. Er bevorzugt warmtrockene Standorte mit nährstoffreichen und basischen Böden (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

Feldahorn hat ein deutlich geringeres Wachstum als die beiden anderen Arten (Bartsch et al., 2020) und erreicht eine Höhe von maximal 15 m, wobei auf sehr guten Standorten selten auch 20 m erreicht werden. Dabei hat die Krone eine Breite von 5-10 m (Pirc, 2012). Es wird maximal ein BHD von 40 cm erreicht (Bartsch et al., 2020). Aufgrund der geringeren Stammdurchmesser liegt der Holzwert hinter den beiden anderen *Acer*-Arten zurück (FVA-BW, 2024a).

4.1.1.3 *Fraxinus excelsior* (Gemeine Esche)

Vom derzeitigen Anbau muss aufgrund des Eschentriebsterbens (Ursache ist eine Schlauchpilzinfektion durch *Hymenoscyphus fraxineus*) abgeraten werden, da es aber Hinweise auf resistente Genotypen gibt und daher ein Anbau des sehr gefragten und vielseitig einsetzbaren Holzes in Zukunft wieder möglich sein könnte, wird die Art aufgeführt (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

Die gemeine Esche ist eine wärmeliebende Baumart der Tiefebene und kommt nach Pirc (2012) bis zu einer Höhe von 1400 m ü.NN vor, wobei der Schwerpunkt bis ins submontane Bergland (bis 500 m ü.NN) liegt. Sie ist in ganz Europa natürlich verbreitet. Nur in Nordskandinavien ist sie aufgrund der niedrigen Temperaturen nicht anzutreffen (Bartsch et al., 2020).

An den Standort hat sie keine besonderen Ansprüche und besiedelt daher ein weites Spektrum, lediglich sehr saure Standorte werden vollständig gemieden. Für ein optimales Jugendwachstum ist eine Basensättigung von mehr als 50 % optimal, bei unter 20 % können die Jungpflanzen nicht wachsen. Ebenso tolerant ist sie bei der Wasserverfügbarkeit, nur sehr trockene Böden und Böden mit Staunässe sind ungeeignet (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

Fraxinus excelsior gehört zu den Tiefwurzlern (Pirc, 2012) und bildet ein Senkwurzelsystem, welches die Oberbodenhorizonte dicht durchwurzelt (Bartsch et al., 2020). Nach Pirc (2012) erreicht sie dabei die größte Wurzelausdehnung der heimischen Baumarten.

In den ersten Lebensjahren wächst die Esche auch in einer schattigen Umgebung, benötigt aber mit zunehmendem Alter immer mehr Licht für ideale Wuchsleistungen. Sie hat ein rasches Jugendwachstum, welches stärker als das der Ahornarten ist, lässt allerdings eher nach. Bereits nach 10 Jahren kulminiert das Höhenwachstum, wobei Triebblängen von 1,5 m erreicht werden können. Der damit verbundene Höhenvorsprung gegenüber anderen Arten im Mischbestand wird durch die Anfälligkeit für Wildverbiss meist wieder gemindert. Eschen erreichen eine Maximalhöhe von 40 m bei einer Kronenbreite von oft über 25 m. Um die angestrebten Zielstärken zu erreichen, müssen die Kronen vollkommen freistehen. Daher benötigt sie, um die Zielstärken erreichen zu können, einen deutlich größeren Standraum als die Buche (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

Eschenholz hat einen deutlich höheren Wertertrag als Buchenholz und ist bereits in schwächeren Dimensionen zu guten Preisen absetzbar (Bartsch et al., 2020). Besonders hoch bewertet werden Oliveschen, welche im Gegensatz zu dem normalerweise hellen Eschenholz einen streifig-braunen Kern aufweisen (Bartsch et al., 2020).

4.1.1.4 *Prunus avium* (Vogelkirsche)

Das natürliche Verbreitungsgebiet der Vogelkirsche ist dem der Buche sehr ähnlich, erstreckt sich allerdings weiter in Richtung Nordwesten, Süden und Südosten. Sie kommt eher selten vor und ist hauptsächlich in krautreichen Mischwäldern anzutreffen (Bartsch et al., 2020).

Prunus avium präferiert Standorte mit einer mindestens mittleren Nährstoffversorgung und dabei kalkreiche feuchte Lehmböden. Sie gedeiht auch auf trockeneren Standorten, wobei für ein optimales Wachstum wenigstens eine mittlere Wasserversorgung notwendig ist (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

Die Vogelkirsche hat ein eher flaches Herzwurzelsystem, dabei sind die Hauptseitenwurzeln stark und können sogar brettförmig ausgebildet sein. Je nach Bodenbeschaffenheit werden Wurzeltiefen von 60-100 cm erreicht. Durch die schwach ausgeprägte vertikale Verwurzelung wird sie als windwurfgefährdet eingestuft. Außerdem kommt es im Umkreis von bis zu 15 m zu einer stammzahlreichen Wurzelbrut (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

Individuen von *P. avium* erreichen Höhen von 15-20 m und dabei eine Kronenbreite von 10-15 m. Sie ist eine Licht- bis Halbschattenbaumart, da im Jugendalter eine Beschattung ertragen wird. Allerdings leidet das Wachstum darunter deutlich und für eine optimale Entwicklung sind sowohl eine Überschildung als auch Seitenschatten zu vermeiden. Bei guten Lichtverhältnissen wird ein Jugendwachstum erreicht, welches jenes von Bergahorn und Esche übertrifft. Dabei tritt bei einigen Individuen die Kulminierung des Höhenwachstums bereits im Alter von 7 Jahren ein, wobei es im Schnitt im Bereich bis 12 Jahre zu verorten ist.

Es werden in der Hochphase Triebblängen von bis zu 120 cm erreicht. Zur Erreichung des Zieldurchmessers von >50 cm ist eine Kronenbreite von 9-11 m notwendig. Der Ziel-BHD kann bei guter Pflege bereits nach 50 Jahren erreicht sein, zu erwähnen ist außerdem, dass ab einem Alter von 80 Jahren die Vitalität deutlich nachlässt und durch vermehrtes Auftreten von Stammfäule der Holzwert drastisch sinkt (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012). In Offenlandschaften ist die Vogelkirsche durch Wildverbiss und Fegeschäden gefährdet (Pirc, 2012).

4.1.1.5 *Ulmus spec.* (Ulmen)

Die holländische Ulmenkrankheit, auch Ulmensterben genannt, gefährdet europaweit die Ulmenbestände. Dabei sind vor Allem die Bergulme (*Ulmus glabra*) und die Feldulme (*Ulmus minor*) betroffen. Die Infektion durch Pilze der Gattung *Ophiostoma* führt durch die Myzelbildung in den betroffenen Holzgefäßen zu einer Störung des Wassertransportes. Dies geschieht auf zweierlei Weisen. Zum einen scheidet der Pilz Welktoxine aus und setzt zellwandauflösende Enzyme frei und zum anderen kommt es durch die Abwehrreaktion des Baumes, welche durch vermehrte Tyllenbildung in den Gefäßen erfolgt, zu einer weiteren Störung der Wasserleitfähigkeit. Dies führt zwangsläufig zum Welken von Blättern und Absterben der Äste, sodass befallene Individuen im Laufe von 2-5 Jahren absterben (Bartsch et al., 2020; SDW, 2024). Die Pilze werden hauptsächlich durch den Großen Ulmensplintkäfer (*Scolytus scolytus*) übertragen. Da dieser die Flatterulme nicht befällt, sinkt ihr Infektionsrisiko drastisch und sie kann noch angebaut werden. Da trotz intensiver Forschung noch keine resistenten Individuen der Berg- und Feldulme nachgewiesen werden konnten, wird folgend nur die Flatterulme für den Agroforstanbau behandelt (SDW, 2024).

4.1.1.5.1 *Ulmus laevis* (Flatterulme)

Ulmus laevis ist hauptsächlich in Mittel- und Osteuropa verbreitet, ihr Wuchsoptimum liegt im Baltikum. Sie kommt vor allem in Auwäldern vor, da sie von den Ulmenarten am längsten Überflutungen verträgt. Aber sie wächst auch auf leichten Sandböden und Gleyböden, nach Pirc (2012) seltener auf mäßig trockenen und tiefgründigen Schwarzerdeböden. Nach Bartsch et al. (2020) hat sie hohe Nährstoffansprüche, welche allerdings etwas geringer als die der anderen europäischen Ulmenarten sind (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

Typisch für die Flatterulme sind die Brettwurzeln, welche sonst nur bei Tropenbäumen zu finden sind. Außerdem bildet sie ein Herzwurzelsystem aus, welches mittig von einer Pfahlwurzel dominiert wird und sogar feste Tonböden gut erschließen kann. Flatterulmen sind große Bäume mit Höhen von bis zu 35 m, die breite, bis zu 20m messende Kronen bilden. Die Jungbäume haben in den ersten Jahren ein bemerkenswertes Wachstum von bis zu 2 m im Jahr. Allerdings sollten die Neuanpflanzungen gegen Verbiss durch Hasen geschützt werden.

Im Alter von 50-75 Jahren wird die endgültige Höhe erreicht. Das Holz wird meist zusammen mit Feld- und Bergulme vermarktet, oft unter der Bezeichnung „Rüster“, dem forstlichen Namen der Ulmen. Allerdings sind die Preise der Flatterulme oftmals geringer, da das Holz einen breiteren Splintanteil und einen helleren Kern aufweist und daher weniger gefragt als das der anderen Ulmenarten ist (Bartsch et al., 2020; LWF-Bayern, 2024b; Müller-Kroehling, 2023; Pirc, 2012).

4.1.1.6 *Sorbus spec.*

4.1.1.6.1 *Sorbus aucuparia* (Vogelbeere)

Die Vogelbeere, auch Eberesche genannt, ist in ganz Europa heimisch, und das vom Meeresniveau bis zur Waldgrenze. Einzig im Süden Spaniens, Portugals und Griechenlands ist sie nicht zu finden. Sie ist nach Bartsch et. al (2020) anspruchslos in Bezug auf Nährstoffe, Wasser und Wärme. Allerdings ist zum Aufwachsen ein gewisser Humusgehalt im Boden notwendig. Ihr Optimum erreicht sie in feuchten Gebirgslagen auf leicht sauren Humusböden. Sie reagiert empfindlich auf sommerliche Trockenheit (Pirc, 2012).

Sie bildet ein ausgeprägtes Senkerwurzelsystem aus, welches 2 m tief reicht. Die Seitenwurzeln sind flachstreichend. Im Gesamten ist das Wurzelsystem von Mykorrhiza umgeben (Pirc, 2012).

Sorbus aucuparia ist eine typische Pionierbaumart und kann ihr Zuwachspotential nur bei starker waldbaulicher Förderung ausschöpfen. Mit zunehmendem Alter steigen die Lichtansprüche und auf direkte Überschirmung reagiert sie mit dem Absterben der betreffenden Kronenteile. Im gesamten erreicht die Vogelbeere eine Höhe von 6-12 m, bei Idealbedingungen bis zu 20 m. Dabei bildet sich durch den ausgeprägten Phototropismus der Art eine sehr schmale Krone von 4-6 m Breite. Sie ist von Wildverbiss stärker betroffen als andere Baumarten und wird sehr häufig von Rehwild gefegt und von Rotwild geschält. Sie kann in Mischbeständen durch ihre Attraktivität von den Hauptbaumarten ablenken und deren Wildschäden reduzieren (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

Das weiße bis hellgelbe Holz, welches im Kern rötlich-braun gefärbt ist, übertrifft in seiner Festigkeit das der Stieleiche. Daher zählt sie nicht zu den Weichlaubhölzern. Das Holz hat nur im nördlichen Verbreitungsgebiet eine wirtschaftliche Bedeutung im Möbelbau und zur Furniergewinnung, in Mitteleuropa wird es trotz der sehr guten Holzeigenschaften meist nur als Industrie- und Brennholz vermarktet. Der Hauptgrund dafür liegt im geringen Angebot an starken und gesunden Stammabschnitten (Bartsch et al., 2020; Fischer, 2023a; Pirc, 2012).

4.1.1.6.2 *Sorbus torminalis* (Elsbeere)

Die Elsbeere ist hauptsächlich in Mitteleuropa verbreitet und ist eine Baumart des submediterranen bis kontinentalen Klimabereiches. Im Vergleich zur Vogelbeere ist sie wärmeliebender und trockenheitsverträglicher. Sie ist in den letzten 150 Jahren durch forstliche Veränderung der Nieder- und Mittelwälder stark verdrängt worden.

Sie hat hohe Ansprüche an die Nährstoffversorgung und kommt auf kalkhaltigen bis leicht sauren Böden vor. Die besten Wuchsleistungen werden laut Bartsch et. al (2020) auf frischen Lehmböden erreicht. Allerdings versagt sie nach Pirc (2012) auf nassen Standorten und auf Sandböden. Durch ihre Trockenheitstoleranz hat sie geringe Ansprüche an die Wasserversorgung (Bartsch et al., 2020).

Sie ist ein Tiefwurzler, dabei werden Tiefen von 1-2 m erreicht, die seitliche Ausbreitung beträgt mehrere Meter (Pirc, 2012). In den Wuchsleistungen ist sie *S. aucuparia* überlegen und erreicht Höhen von 10-15 m und ist dabei mit einer Kronenbreite von 7-12 m deutlich breiter. Außerdem erreicht sie mit 50 cm einen wesentlich stärkeren BHD, wobei dies erst nach 120-150 Jahren der Fall ist. Das dichte und zähe Holz ist wegen der rötlichen Farbe und schönen Zeichnung sehr gefragt als Furnier- und Möbelholz, allerdings neigt es laut Pirc (2012) zum Nachdunkeln. Da die Holz mengen für den Markt zu gering sind, wurde für die Hölzer der Elsbeere, Wildbirne und Speierling der Handelsbegriff „Schweizer Birnbaum“ eingeführt (Bartsch et al., 2020). Die erzielten Preise sind sehr schwankend, dies liegt vor allem an der unterschiedlichen Holzqualität und daran, dass das Holz fast ausschließlich auf Submissionen gehandelt wird (Fischer, 2023b). Ähnlich wie die Vogelbeere ist auch die Elsbeere gefährdet durch Wildverbiss und Fegeschäden, darüber hinaus wird sie außerdem von Hasen und Mäusen geschädigt. Bartsch et. al (2020) betont ausdrücklich, dass die Elsbeere aufgrund der guten Holzeigenschaften, des seltenen Vorkommens und der interessanten Baumgestalt einen vermehrten Anbau auf den Laubholzstandorten verdient.

4.1.1.6.3 *Sorbus domestica* (Speierling)

Auch der Speierling ist ähnlich wie die Elsbeere sehr wärmeliebend und kommt in Einzelvorkommen sogar in Nordafrika und um das Schwarze Meer vor. Allerdings ist er im gesamten Verbreitungsgebiet selten und nur geringfügig in den Waldbeständen anzutreffen, weshalb er als seltenste Baumart Europas gilt (Fischer, 2024). Das natürliche Verbreitungsgebiet kann nur schwer festgelegt werden, da er bereits sehr früh als Obstbaum kultiviert wurde, laut Pirc (2012) seit über 1000 Jahren (Bartsch et al., 2020).

Es werden sonnige Standorte bevorzugt und er wächst besonders gut auf nährstoffreichen, basischen Lehm- und Tonböden (Pirc, 2012). Bartsch et al (2020) schreibt, dass die hohen

Nährstoffansprüche vor allem auf Kalkverwitterungs- und Lössböden erfüllt werden. Die idealen Standorte lassen sich gut unter dem Begriff „Weinbauklima“ zusammenfassen (Fischer, 2024; Pirc, 2012).

Er bildet ein tiefreichendes Herzwurzelsystem, erreicht Endhöhen von 10-15, selten 20 m und die Kronenbreite ist mit 8-10 m eher schmal. Der Speierling kann zwar einen BHD von bis zu 100 cm erreichen, allerdings ist dies aufgrund des sehr langsamen Wachstums erst im hohen Alter der Fall. Daher ist er in Mischwäldern als konkurrenzschwach einzustufen und reagiert zudem auf Überschirmung ähnlich wie die Vogelbeere mit dem Absterben der überschirmten Kronenteile, was das Wachstum zusätzlich schwächt (Bartsch et al., 2020; Fischer, 2024; Pirc, 2012).

Das Holz hat ähnliche Eigenschaften wie das der Elsbeere und kann je nach Qualität sehr hohe Preise erzielen (Fischer, 2024).

4.1.1.7 *Pyrus pyraeaster* (Wildbirne)

Die Wildbirne kommt in ganz Europa, ausgenommen Skandinavien, vor und ist dabei extrem selten. Sie wird als gefährdet eingestuft, weshalb ihre Genressourcen gesichert werden und sie in Schutzprogrammen Berücksichtigung findet (Bartsch et al., 2020; Forstpraxis, 2013).

Sie hat geringe Standortansprüche, allerdings kann sie sich forstlich nur auf Standorten behaupten, denen die Buche ausweicht. Sie kommt bedingt durch ihre Tiefwurzeln gut auf trockenen Standorten zurecht, bevorzugt allerdings feuchtere Böden (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012). Solange sie keine Konkurrenz hat, wächst sie auf fast allen Böden, von trocken bis feucht und alkalisch bis mäßig sauer (WSL, 2024a).

Es werden Wuchshöhen von 15-20 m erreicht, allerdings ist sie sehr konkurrenzschwach und kann nicht in andere Kronen hineinwachsen und reagiert sehr empfindlich auf Schatteneinwirkung und das bereits ab dem Jugendalter. Die besten Stammformen werden laut Bartsch (2020) erreicht, wenn sie im Bestand vorwüchsig ist und dabei seitlich leicht bedrängt wird (Bartsch et al., 2020; WSL, 2024a).

Das Holz ist äußerst begehrt und die Nachfrage liegt deutlich über dem Angebot, da gute Qualitäten rar sind. Die Zieldurchmesser sind mindestens 45 cm, da darunter ein Handel in der Wertholzklasse nicht möglich ist. Diese Maße erreicht die Wildbirne nur bei guter Pflege und regelmäßigem Freistellen der Krone. Daher ist vor allem auf geeigneten Freiflächen der Anbau sinnvoll, da der Forst den Bedarf nicht decken kann (Bartsch et al., 2020; FVA-BW, 2024b; WSL, 2024a).

4.1.1.8 *Malus sylvestris* (Wildapfel)

Der Wildapfel ist eine ausschließlich in Europa vorkommende Baumart. Er wurde bereits seit der Steinzeit genutzt und selektiert. Es kam in der Folge mit dem aus Zentralasien stammenden Kulturapfel (*Malus domestica*) zu Hybridisierungen, woraus Zwischenformen entstanden. Er kommt vor allem in Nordeuropa vor und gedeiht in den Alpen bis auf einer Höhe von 1100 m ü.NN. Er wächst vor allem in Auen-, Laubmisch- und feuchten Eichenwäldern, doch ist er meist in Hecken und Gehölzstreifen anzutreffen (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

Er ist eine sehr klein bleibende Baumart, die maximal Höhen von 10 Metern erreicht und die Krone ähnlich breit entwickelt. Häufig ist er auch nur strauchförmig wachsend. Er bildet ein eher flachreichendes, aber weit verzweigtes Wurzelsystem aus. Er ist sehr lichtbedürftig und bevorzugt daher offene Standorte. Er wächst vor allem in kühlfeuchten Lagen und bevorzugt sehr kalkreiche, humusreiche Lehmböden. Das Holz besteht aus einem weißen bis hellbraunen Splint und einem rötlich-braunen Kern. Die Stämme wachsen häufig leicht schräg und haben einen leichten Drehwuchs. Das Holz ist aufgrund der schönen Zeichnung vor allem für Möbelholz und Drechslerarbeiten gefragt (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

4.1.1.9 *Carpinus betulus* (Hainbuche)

Die Hainbuche, aus Weißbuche genannt, hat, obwohl es der Name vermuten lässt, botanisch nichts mit der Rotbuche zu tun, denn sie gehört zur Familie der Birkengewächse (*Betulaceae*). Die Verbreitung stimmt mit der der Buche überein, nur ist die Hainbuche auch weiter östlich noch anzutreffen und bewächst in den Gebirgslagen geringere Höhen (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

Sie hat höhere Ansprüche an die Umgebungswärme und benötigt basenreichere Böden als *F. sylvatica*. Ihre besten Wuchsleistungen werden auf basen- und humusreichen Böden in sommerwarmen Lagen erreicht. Allerdings kann sie auch auf deutlich schlechteren Böden, wie schweren Ton- und Pseudogleyböden, und auf trockenen Standorten gedeihen, hat dann aber schlechtere Wuchsleistungen (Bartsch et al., 2020).

Es wird ein bis zu 1,5 m tief reichendes Herzwurzelsystem ausgebildet, womit sich die Bäume tief verankern. Sie ist empfindlich gegen Überflutung (Bartsch et al., 2020). Sie erreicht Wuchshöhen von 10-15 m, in geschlossenen Waldbeständen bis zu 30 m. Dabei werden Breiten von 7-14 m erreicht, denn sie ist sehr anpassungsfähig in der Kronenform auf die Umgebung (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012). Allerdings braucht sie, obwohl sie im Alter eine Schattenbaumart ist, in der Jugendentwicklung mehr Licht als Buche, Esche und Ahorn. Dabei zeigt sie bei guten Lichtverhältnissen ein stärkeres Jugendwachstum als die Buche, wird von dieser aber in den Folgejahren überholt. Außerdem ist sie sehr anfällig für Wildverbiss und

infolgedessen kommt es nicht selten zu mehrstämmigen Individuen. In der Volumenleistung bleibt sie deutlich hinter Buche zurück und neigt zu krummwüchsigen Stämmen, welche aufgrund von wellenförmig verlaufenden Jahresringen oft zu Spannrückigkeit neigen, also keinen runden Stammquerschnitt aufweisen. Daher werden heute eher selten Preise erzielt, die hochwertigem Buchenholz entsprechen (Bartsch et al., 2020).

4.1.1.10 *Alnus glutinosa* (Schwarzerle)

Die Schwarzerle, in Europa oft fälschlicherweise als Roterle bezeichnet, kommt in ganz Europa vor. Sie wächst vor allem an Bachläufen und auf staunassen Böden, welche regelmäßig überschwemmt werden. Dies ist vor allem dadurch bedingt, dass sie ihre Wurzeln über Lentizellen mit Sauerstoff versorgen kann und somit die Wurzeln bei Staunässe nicht absterben. Sie kann bis zu 1,5 m dauerhaft in nassen Böden stehen. Aber auch auf anderen Standorten zeigt sie gute, teilweise sogar höhere Wachstumsleistungen, vor allem auf frischen und feuchten Lehmböden und lehmigen Sanden. Allerdings wächst sie nicht auf Kalk (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

Nach Pirc (2012) ist sie ein intensiver Flach- und Herzwurzler, ohne Ausläufer zu bilden. Charakteristisch sind die bis zu 3 m tief reichenden Senker. Durch diese tiefreichenden Wurzeln und ihren vergleichsweise hohen Wasserbedarf wirkt sie bodendrainierend (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012). Außerdem hat sie die Möglichkeit durch Symbiose mit Strahlenpilzen Stickstoff zu binden und somit auch auf nährstoffärmeren Standorten gute Wachstumsleistungen zu erzielen (Pirc, 2012).

Sie ist eine typische Lichtbaumart und erreicht daher ihre Höhenkulmination bereits im Alter von zehn Jahren. Sie kann bis zu 25 m erreichen und dabei Kronen mit bis zu 12 m Breite entwickeln. Das Wachstum lässt ab dem Alter von 40 Jahren stark nach. Doch auf idealen Standorten werden bereits nach 80 Jahren BHDs von >50 cm gemessen (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

Das Holz wird vielseitig für Massivholz, Furnier- und Möbelindustrie und für Spezialzwecke verwandt, da es eines der wenigen Hölzer ist, die unter Wasser dauerhaft und beständig sind. Es wird hauptsächlich blass rötliches Splintholz gebildet, wobei sich oft ab dem Alter von 40-50 Jahren ein sogenannter dunklerer Graukern ausbildet. Dieser ist häufig mit Kernfäule verbunden, wodurch die Verwendung eingeschränkt und der Wert gemindert wird (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

4.1.1.11 Nussbäume

In den letzten Jahren werden Nussbäume vermehrt für den Wertholzanbau im Forst und auch für die Agroforstwirtschaft interessant. Allerdings haben Nussbäume besondere

Standortansprüche und geeignetes Pflanzmaterial ist oftmals nur schwer verfügbar. Alle Nussbäume haben erhöhte Ansprüche an Nährstoffe, Wasserversorgung, sowie Lichtverhältnisse und sind wärmeliebend. Vor allem Walnuss (*Juglans regia*), Schwarznuss (*Juglans nigra*) und Hybridnuss (*Juglans x intermedia*) zeigen gute Wuchsleistungen, die sie für die forstliche Nutzung prädestinieren, wobei letztere nochmals höhere Ansprüche an die Nährstoffversorgung stellt (Bartsch et al., 2020). Beim Anbau ist zu beachten, dass es durch Gerbstoffausscheidungen, welche durch Niederschläge von den Blättern und grünen Früchten ausgewaschen werden und sich später im Boden zum Stoff Juglon umwandeln, zu einer sogenannten Allelopathie kommt. Dadurch ist das Wachstum der inner- und zwischenartlichen Konkurrenzvegetation unter dem Übershirmungsbereich gehemmt (Pirc, 2012; Universität Göttingen, 2024).

4.1.1.11.1 *Juglans regia* (Walnuss)

Die Walnuss stammt ursprünglich aus Asien und natürliche Provenienzen sind vor allem im Himalaya anzutreffen. In Europa sind die Kulturformen verbreitet, die in den letzten Jahrhunderten für die Nussproduktion gezüchtet und somit wenig auf Holzqualität ausgelegt sind. Daher wurden seit den 1980er Jahren durch die ETH Zürich Provenienzen in Form von Nüssen aus den Ursprungsgebieten eingeführt und in einem Anbauversuch auf die forstliche Eignung geprüft. Dabei fielen vor allem die rasche Wüchsigkeit, die hohen Endhöhen und die Gradschaftigkeit positiv auf. Ebenso sind auch Erwerbssorten aufgrund des graden Wachstums für den Wertholz-anbau geeignet, dazu zählen u.a. die deutschen Sorten Nr.139, Nr.120 und Nr.26, die ungarischen Herkünfte A117 und T2 und die französische Sorte Lozeronne (Bartsch et al., 2020; Ehring & Keller; Lüthy, 2005).

Wie alle Nussbäume hat auch *Juglans regia* an alle Versorgungsparameter erhöhte Ansprüche, daher ist sie für den Agroforstanbau besonders gut geeignet, da hier aufgrund der landwirtschaftlichen Böden eine bessere Nährstoff- und Wasserversorgung als auf Waldstandorten vorliegt und durch die offene Landschaft viel Licht vorhanden ist. Sie sollte in wärmeren Gegenden angebaut werden, da sie besonders durch Früh- und Spätfrostereignisse gefährdet ist (Öffentlichkeitsarbeit, 2024). Allerdings ist sie in der Winterruhe sehr frosthart und kann bis zu -30 °C überleben. Es wird eine sehr tiefreichende und dicke Pfahlwurzel ausgebildet und der Oberboden ist fein durchwurzelt. Sie reagiert empfindlich auf Verletzungen, daher ist bei der Pflanzung besondere Sorgfalt geboten, so dass die Hauptwurzel nicht beschädigt wird. Pflanzen, welche Wurzelanomalien aufweisen oder deren Wurzeln verletzt sind, sollten nicht genutzt werden. Ein weiteres Risiko stellt der Hallimasch (*Armillaria spec.*) dar, der Pilz kann neben Kambium- und Wurzelschäden auch zu Weißfäule

im Stamm führen, was diesen stark entwertet (Bartsch et al., 2020; N. Haack, Persönliche Mitteilung, 20. März 2024; Öffentlichkeitsarbeit, 2024; Pirc, 2012).

Die Walnuss entwickelt sich zu einem großen Baum, wobei Höhen von über 20 m, in sehr seltenen Fällen bis 30 m erreicht werden. Dabei bildet sie eine rundliche Krone mit Breiten von 10-15 m aus. Es werden in 60-80 Jahren ähnliche Stammdurchmesser wie bei der Vogelkirsche erreicht, da beide ein ähnliches Wachstum haben, wobei *Prunus avium* in der Jugend schneller wächst, was die Walnuss später wieder aufholt. Es werden Dimensionen von 50-60 cm BHD erreicht. Das Holz ist eines der wertigsten europäischen Hölzer, die am Markt gehandelt werden, dabei wird es im Sortiment mit den anderen Nussarten zusammengefasst und unter der Bezeichnung Nussholz verkauft (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

4.1.1.11.2 *Juglans nigra* (Schwarznuß)

Die Schwarznuß stammt ursprünglich aus dem Osten der USA und wächst dort hauptsächlich in Mischbeständen mit anderen Laubbäumen, meist entlang von Flüssen. Ab Ende des 19. Jahrhunderts wurden aufgrund des wertvollen Holzes Anbauversuche in Deutschland gestartet. Dabei wurde festgestellt, dass die Schwarznuß eine der anspruchsvollsten fremdländischen Baumarten ist. Sie benötigt für ein optimales Wachstum sehr tiefgründige Böden mit bestmöglicher Wasser- und Nährstoffversorgung. Daher wird sie vor allem auf Auenlehmen angebaut und erreicht hier ähnlich hohe Wuchsleistungen wie die Esche. Allerdings kann sie auf tiefgründigen Standorten im Bergland angebaut werden, dabei ist darauf zu achten, dass es sich um nicht spätfrostgefährdete Standorte handelt, da sie früh austreibt (Bartsch et al., 2020).

Wie *Juglans regia* ist auch *Juglans nigra* eine Lichtbaumart, die, um optimale Wachstumsergebnisse zu erzielen, gezielt durch Freistellen gefördert werden muss. Außerdem ist es günstig, wenn die Bäume einen Altersvorsprung gegenüber konkurrenzstärkeren Arten haben. Sie ebenfalls eine Pfahlwurzel, die nochmals wesentlich tiefer als die der Walnuss reicht. Daher sollte im besten Fall die Verjüngung durch Saat erfolgen, da sonst eine ungehinderte Ausbildung der Pfahlwurzel nicht möglich ist. Das Holz hat ähnliche Eigenschaften wie das der Walnuss, ist allerdings gefragter und erzielt als einziges Laubholz bereits in geringen Durchmessern von 2a/2b als Stammholz hohe Preise. Mit im Durchschnitt über 500 €/Fm bei Submissionen liefert sie eines der bestbezahlten Hölzer auf dem Markt (Bartsch et al., 2020; BW, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg - FVA, 2024a; FVA-BW, 2024c).

4.1.1.12 *Betula pendula* (Sandbirke)

Die Sandbirke, auch Hängebirke genannt, ist in ganz Europa verbreitet. Im Gegensatz zu Mitteleuropa, wo sie in geschlossenen Waldverbänden eher selten anzutreffen ist, nimmt sie im Verbund mit *Betula pubescens* (Moorbirke) im Baltikum und in Skandinavien 15-30 % der Waldfläche ein. Durch die weite Verbreitung ist eine Abgrenzung von Klimarassen möglich, welche sich in Ausformung und Wuchsleistung teilweise stark unterscheiden (Bartsch et al., 2020).

Sie kommt auf fast allen Standorten zurecht, selbst nährstoffarme und trockene Sandböden sind noch geeignet. Allerdings bevorzugt sie feuchte bis trockene, mäßig nährstoffarme, leicht saure Böden (Pirc, 2012). Sie hat geringe Ansprüche an den Wasserverbrauch, diese treten nur hervor, wenn sie ab der Jugendphase an den Standort angepasst ist. Auf gut wasserversorgten Standorten gehört sie zu den Baumarten mit dem höchsten Wasserverbrauch. Birken brauchen für ein gutes Wachstum immer einen vollsonnigen Standort, da sie als ausgesprochene Lichtbaumart auf Schatteneinwirkung mit Wuchsstagnation reagieren. Als Pionierbaumart besiedelt sie meist vor allen anderen Baumarten freie Flächen (Bartsch et al., 2020).

Die Höhenwuchsleistung hat ihre Kulmination im Alter von 10 Jahren, danach wird sie aufgrund des zurückgehenden Wachstums und hohen Lichtbedarfs schnell von den anderen Baumarten verdrängt. Birken wachsen zu großen Bäumen mit Höhen von bis zu 30 m heran und haben dabei aufgrund der typischen herunterhängenden Äste eine sehr schmale Krone mit Breiten von 6-8 m. Es lässt sich in vergleichsweise kurzer Zeit Wertholz erwirtschaften, da die Sandbirke bereits im Alter von 50 Jahren ihre endgültige Größe erreicht und dabei ein BHD von 45-50 cm ausbildet. Dies ist allerdings nur bei konsequenter Freistellung und Wertastung der Fall. Mit zunehmendem Alter kommt es bei dem sonst sehr hellen Holz sehr häufig zu Farbverkernungen und Stammfäule, was den Wert stark mindert. Besonders gefragt ist Birkenholz mit einer schönen Zeichnung, genannt Maserbirke, für die Furnier- und Schneideholzindustrie. Qualitativ hochwertiges Birkenholz wird in Mitteleuropa wesentlich seltener angeboten als in den nördlicheren Ländern (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

4.1.1.13 *Tilia spec.* (Linden)

Da die Winterlinde (*Tilia cordata*) und die Sommerlinde (*Tilia platyphyllos*) sehr ähnliche Eigenschaften haben, werden sie gemeinsam aufgeführt und auf die Unterschiede im Text hingewiesen. Die beiden Arten lassen sich gut morphologisch unterscheiden, die Winterlinde ist an den Sprossachsen, Blattstielen und Blattspreiten unbehaart, während die Sommerlinde an den betreffenden Stellen eine weißliche Behaarung aufweist. Die Winterlinde kommt in den größten Teilen von Ost-, Mittel- und Westeuropa vor. Der Schwerpunkt mit den höchsten

Anteilen in den Waldgesellschaften liegt dabei im osteuropäischen Raum. Die Sommerlinde, die weiter südlich beheimatet ist und eher in ozeanisch geprägten Gebieten vorherrscht, bleibt in ihrer nördlichen und östlichen Verbreitung deutlich hinter der Winterlinde (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

Die Lindenarten stellen bei ihrer Standortwahl die größten Ansprüche an die Nährstoffversorgung, wobei *T. platyphyllos* einen höheren Nährstoffbedarf aufweist. Trockene Standorte werden von ihr gemieden, während *T. cordata* auf diesen sehr gut zurecht kommt. Linden haben allgemein eine hohe Schattentoleranz, welche mit zunehmendem Alter etwas zurück geht. Nach den ersten Standjahren reagieren die Jungbäume auf zunehmende Lichtversorgung mit starkem Höhenzuwachs. In jungen Jahren bildet sich meist zuerst eine deutliche Pfahlwurzel aus, welche später in ein kräftiges Herzwurzelsystem übergeht (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

Der Habitus der beiden Arten ist identisch und sie ergeben Bäume mit rundlichen bis hochgewölbten Kronen, welche eine Breite von 20 m erreichen können und dabei zu Höhen von 30, selten 40 m heranwachsen. In der Jugendwuchsleistung liegen sie vor der Buche, wachsen allerdings weniger schnell als Bergahorn und Esche. Da sie später kulminieren, können sie diese im späteren Alter einholen und sind in der Gesamtwuchsleistung mit dem Bergahorn vergleichbar. In der Forstwirtschaft wird die Linde meist als dienende Baumart zur Schaftpflege anderer Baumarten eingesetzt, dabei bedient die Winterlinde in Eichenwäldern und die Sommerlinde in Eschen- und Bergahornbeständen diese Funktion (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

Lindenholz ist leicht und gut bearbeitbar und lässt sich gut färben, daher liegt die Hauptnachfrage im Kunstsektor und wird von Tischlern, Bildhauern, Schnitzern und Drechslern bedient. Linden sollten in der Jugend gut geschützt werden, da sie verbissen und gefegt und als Stangenholz gerne geschält werden. Linden haben eine der dichtesten Kronen der heimischen Laubbäume und erzeugen die größte Beschattung, was zu Hemmung der übershirmten Begleitflora führt (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

4.1.2 Nadelbäume

Bei der Betrachtung der Nadelbäume liegt das Hauptaugenmerk auf den Arten, die auch in Zukunft unter Klimawandelbedingungen gut anbaufähig sind und die gute Wuchs- und vor allem Wertleistungen erzielen.

4.1.2.1 *Larix spec.* (Lärchen)

4.1.2.1.1 *Larix decidua* (Europäische Lärche)

Larix decidua ist wie alle *Larix*-Arten eine nadelabwerfende Nadelbaumart. Sie kommt in zwei natürlichen Hauptvorkommen in Europa vor und wird dementsprechend in zwei Gruppen eingeteilt. Zum einen gibt es die Alpen-Lärche und zum anderen die Karpaten-Lärche, diese wurden mehrfach in Unterarten eingeteilt. Mit 85 % des natürlichen Vorkommens ist der Alpenraum das größte zusammenhängende Verbreitungsgebiet (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

Die europäische Lärche ist ein typischer Baum des kontinentalen Klimas und kommt vor allem in Gebirgen und Mittelgebirgen bis zu einer Höhe von 1500 m ü. NN vor. Im Alpenraum sind die Standorte geprägt von einer hohen Luftfeuchtigkeit, einer hohen Anzahl von Strahlungstagen und einer großen Amplitude zwischen Sommer- und Wintertemperaturen. Allerdings weist sie eine große Anpassungsfähigkeit auf, denn die Standorte in Polen sind subkontinental geprägt und durch eine ausgeprägte Sommertrockenheit und niedrige Jahresniederschläge von 500-550 mm gekennzeichnet. Daher ist die Lärche auf den meisten Standorten anbaufähig, zumal sie sich als bodenvag herausgestellt hat (sie hat keine Ansprüche an den pH-Wert des Bodens) und keine besonderen Ansprüche an die Nährstoffversorgung stellt. Einzig Böden mit Wasserstau werden gemieden. Besonders gute Volumen- und Wachstumsleistungen werden vor allem in den europäischen Mittelgebirgen auf Höhen von 500-800 m ü. NN, aber auch in Gebieten eiszeitlich geprägter Landschaften und in den Hochgebirgslagen Südeuropas erreicht. Eine Grundvoraussetzung für das optimale Wachstum ist eine gute und nachhaltige Wasserversorgung (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

L. decidua bildet bereits in den ersten Lebensjahren eine deutliche Pfahlwurzel aus, welche bereits bei nur 1 m großen Jungpflanzen in sonnigen und stauwasserfreien Lagen Tiefen von 2 m erreichen kann. In der horizontalen Ausbreitung ist das Wurzelsystem weniger weit reichend als das der Fichte. Somit wird sie, trotz der tiefgehenden Pfahlwurzel, als Herzwurzler eingestuft (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

Ein sehr schnelles Jugendwachstum zeichnet die Baumart aus. Dadurch ist sie als Lichtbaumart auch konkurrenzfähig in Mischbeständen, allerdings sollte auf Freistellung geachtet werden, damit sich die Krone bestmöglich entwickeln kann. Bei den Wuchsleistungen und vor allem -qualitäten bestehen erhebliche Unterschiede zwischen den Herkünften. Es ist

ein Zusammenhang zwischen den Wuchsleistungen und den Stammformen zu erkennen, denn die Herkünfte mit den besten Wuchsleistungen neigen oft zu Schiefstand und Krummschaftigkeit. Allerdings zeigte sich in Versuchen, dass ebenso der Standort und die waldbauliche Behandlung einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Stammformen haben, daher sollten die Provenienzen mit den besonders guten Wuchsleistungen nicht zwangsläufig verworfen werden. Die Lärche erreicht Höhen von bis zu 45 m, wobei 35 eher als Durchschnitt anzusehen ist. Dabei wird, wie bei den meisten Nadelholzarten eine im Vergleich zur Höhe eher schmale Krone von 8-15 m gebildet (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

Das Holz ist das schwerste und zugleich härteste der einheimischen Nadelbaumarten. Bereits im Alter von 8-10 Jahren beginnt sich das Holz zu verkern und rötlich braun zu verfärben. Die Lärche ist wie die Kiefer und Douglasie eine Kernholzbaumart. Das schwerste Holz wird bei Jahrringbreiten von 1-2 mm erreicht, weil dann der Anteil an dickwandigem Spätholz am größten ist. Das Holz ist durch seine physikalischen Eigenschaften sehr gefragt, es ist das dauerhafteste und witterungsbeständigste Nadelholz Europas, außerdem ist es unter Wasser von einer ähnlichen Haltbarkeit wie das der Eiche. Die Wertholzpreise für Lärchenstammholz sind bei guten Qualitäten die höchsten unter den Nadelhölzern und liegen weit über denen der Fichte. Allerdings liegen große Wertdifferenzen vor, die sich vor allem aus Schaftkrümmungen ergeben, die die Bearbeitbarkeit einschränken. Darüber hinaus sind Totäste ein Problem, da sie als sogenannte Nageläste sehr hart sind und ein Hindernis bei der Furnierherstellung und Schneideholzproduktion darstellen. Daher ist es besonders wichtig, die Stämme zu ästen, um den Wertholzanteil deutlich zu steigern. Wichtig zu erwähnen ist die entstehende Nadelstreu durch den jährlichen Blattwurf, die Streu ist wegen den auf den meisten Standorten vorhandenen weiten C/N-Verhältnisse schwer zersetzbar (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

4.1.2.1.2 *Larix kaempferi* (Japanische Lärche)

Die japanische Lärche kommt, wie der Name vermuten lässt, natürlich in Japan und dabei nur auf der Insel Honshu vor, die gesamte Population umfasst gerade einmal 7500 ha und liegt auf Höhenlagen von 1100-2700 m ü. NN. Das Klima ist durch warme Sommer und trockene, kalte Winter gekennzeichnet, dabei liegen die Jahresniederschläge bei 1100-2700 mm. Daher ist der Anbau in Europa am ehesten in küstennahen und humiden Gegenden ratsam, denn auf trockenen, sandigen Standorten ist sie dürregefährdet. Sie hat ähnlich geringe Ansprüche an die Nährstoffversorgung wie *L. decidua* (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

L. kaempferi ist in den Wuchseigenschaften ähnlich wie *L. decidua*, allerdings bildet sie eine wesentlich breitere Krone mit größeren Ästen aus. Im Gegensatz zu den anderen Pionierbaumarten kulminiert zwar das Wachstum früh, geht aber über den gesamten Produktionszeitraum nur geringfügig zurück. Allerdings neigen die Bäume zu ungünstigen

Stammformen, welche keine besonders guten Qualitäten liefern. Dies lässt sich durch eine Einengung des Standraumes bis in die Jungbestandsphase hinein etwas abfedern. Die Holzeigenschaften unterscheiden sich nur geringfügig, sodass die Verwendungsmöglichkeiten der Hölzer identisch sind (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

4.1.2.2 *Abies grandis* (Große Küstentanne)

Die Große Küstentanne stammt aus dem westlichen Nordamerika und durch die Zerteilung ihres Verbreitungsgebietes weist sie die größte Standortvielfalt der Tannenarten in Nordamerika auf. So kommt sie in Höhenlagen von 300-2200 m ü. NN vor und die Niederschläge liegen im Bereich von 360-2500 mm im Jahr. Ebenso weisen die Durchschnittstemperaturen eine große Amplitude auf und liegen zwischen 6 und 10°C und die Standorte haben 60-250 Frostfreie Tage (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

In Europa zeigen die Anbauversuche ihre sehr geringen Standortansprüche, sowohl an Nährstoffe, als auch an die Wasserversorgung. Allerdings sollten die Böden nicht zu flachgründig sein und keine dichten Tonschichten oder Staunässe aufweisen. Sie wird als kalktolerant eingestuft und kommt auf schwach sauren bis leicht alkalischen Böden vor. Die besten Wuchsleistungen werden auf tiefgründigen und frischen bis mäßig frischen Standorten erreicht (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

Sie bildet, ähnlich wie die europäische Weißtanne, ein Pfahlwurzelsystem aus, welches ihr eine große Standfestigkeit verleiht. Dadurch ist sie wenig gefährdet für Windwurf (Bartsch et al., 2020), doch wenn die Böden Grundwassereinfluss zeigen, nimmt die Tiefendurchwurzelung ab.

Die Wuchsleistungen dieser Schattenbaumart sind sehr hoch, in der Jugendphase bleibt sie leicht hinter der Douglasie zurück, übertrifft diese aber ab einem Alter von 30 Jahren. Das Höhenwachstum kulminiert schon im Alter von 15-20 Jahren, geht in der Folge allerdings nur geringfügig zurück. Durch die Wuchsleistungen liegen die Produktionszeiträume zwischen 40 und 60 Jahren, bei einer Zielstärke von 60 cm. Dabei werden Höhen zwischen 30 und 50 m erreicht und die Kronen sind sehr schmal. Das Holz verkernt nicht und weist sehr große Jahrringe auf. Es enthält keine fungiziden Stoffe und ist daher anfällig für pilzliche Schaderreger. Entscheidend für die Holzqualität ist die Jahrringbreite und die Astigkeit, deshalb sollten die Bäume wertgeastet werden. Es ist bei entsprechender Qualität als Sägeholz gefragt, allerdings gibt es aufgrund der geringen Mengen nur einen sehr kleinen Markt (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012; WUH, Landesbetrieb Wald und Holz NRW -, 2024c).

4.1.2.3 *Pseudotsuga menziesii* (Douglasie)

Die Douglasie stammt aus dem westlichen Nordamerika und kommt sowohl in Küstennähe, als auch im Landesinneren bis in die Rocky Mountains auf Höhen von bis zu 2900 m ü. NN vor. Daher weist sie die weiteste Amplitude von ökologisch und klimatisch differenzierten Standorten aller Nadelbaumarten im westlichen Amerika auf. Dies zeigt sich neben den Höhenlagen auch an den Niederschlägen, dabei fallen an der Küste bis zu 4000 mm und im Gegensatz dazu in den östlichen Gebieten nur 400 mm Niederschlag pro Jahr und dennoch zeigt sie überall gute Wuchseigenschaften. Sie wurde bereits Anfang des 19. Jahrhunderts in Deutschland eingeführt und forstlich genutzt (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

Die besten Wuchseleistungen werden in Europa auf karbonatfreien und gut wasserversorgten Braunerden und Podsolen erreicht, allerdings zeigt sie auch im norddeutschen Flachland auf unverlehmtten, trockenen Sandböden hohe Wuchseleistungen, die deutlich über denen von Fichte und Kiefer liegen. Auf zu kalkhaltigen Böden kommt es zu Wuchsstörungen. Genauso haben sich wechselfeuchte und nasse Böden als ungeeignet erwiesen, da absterbende Wurzeln das Windwurfrisiko signifikant steigern. Sie zeigt bei extremer Trockenheit ein ähnliches Verhalten wie die Tanne, verringert den Jahrringzuwachs jedoch weniger deutlich (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

Bei *P. menziesii* hat die Herkunftswahl eine entscheidende Bedeutung für Wachstum und Gefährdungsrisiken. Diese beeinflussen den Ertrag wesentlich stärker als die waldbaulichen Maßnahmen. Die produktivsten Provenienzen bilden dabei in gleicher Zeit mehr als dreimal so viel Biomasse wie die Herkünfte mit geringster Wuchseistung. Ähnlich wie bei der Lärche sind auch bei Douglasie die starken Zuwächse negativ mit der Stammform korreliert. Darüber hinaus haben Nachbauversuche mit Saatgut aus alten europäischen Beständen mehrfach gleiche oder sogar höhere Wuchseleistungen gezeigt als Saatgut aus den Ursprungsgebieten. Je nach Herkunft sind die Bäume vor allem in der Jugend früh-, spät- und oder winterfrostgefährdet, dies kann durch Bestandesbegründung unter Schirm oder Seitenschutz weitgehend kompensiert werden. Diese mächtigen Nadelbäume erreichen eine Höhe von bis zu 50 m (in Nordamerika bis zu 100 m) und bilden dabei, ähnlich wie die Lärche, eine schmale Krone von 8-10 m Breite. In den ersten 5 Jahren wachsen die Jungbäume eher langsam, danach setzt ein rascher Höhenzuwachs ein, welcher erst im Alter von 20-40 Jahren kulminiert. Im fast gleichen Zeitraum kulminiert auch der Volumenzuwachs, nämlich im Alter von 35-40 Jahren. Die Bäume sind Fichte und Buche um 15-50 % und der Kiefer 50-60 % in den Wuchseleistungen überlegen. Es werden auf guten Standorten und bei starken Durchforstungen und Freistellung Jahrringbreiten von bis zu 10mm erreicht. Wichtig zu erwähnen ist, dass die Douglasie ein Totasthalter ist und daher zwingend geästet werden

muss. Das Holz ist sehr elastisch und den Eigenschaften anderer Nadelhölzer überlegen, außerdem zeigt es eine gute Widerstandsfähigkeit gegen Insekten und kann daher auch im Außenbereich eingesetzt werden. Die Nachfrage nach gutem Douglasienholz ist in den letzten zwei Jahrzehnten deutlich angestiegen. Junge Douglasien sind durch Rehwild verbiss- und fegegefährdet und es treten Schlag- und Schälsschäden durch Dam- und Rotwild auf, welche meist sehr gut und gesund überwältigt werden (Bartsch et al., 2020; Pirc, 2012).

4.2 Anbausystem/Methoden

4.2.1 Bestandesbegründung

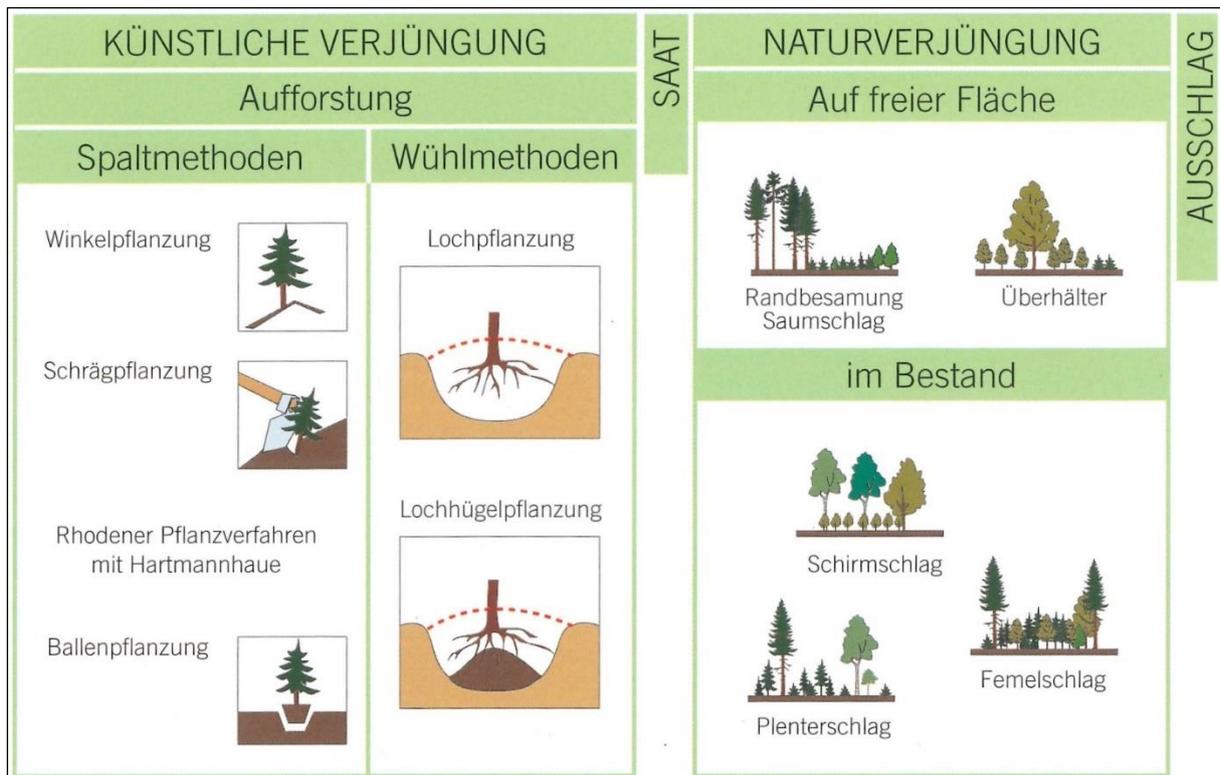


Abbildung 6 Begründungsformen der Forstwirtschaft

In der Forstwirtschaft werden verschiedene Begründungsformen unterschieden (Abb. 6). Wird eine bestehende Waldfläche durch natürliche Vegetation verjüngt, spricht man von Naturverjüngung. Diese kann entweder durch Samenanflug oder durch neue Ausschläge des Altbestandes erfolgen. Die Verjüngung kann auch durch Saat und Pflanzung künstlich ergänzt oder verändert, bzw. gesteuert werden (Dengler, 1935; Schulte, 2023). Wird im Gegensatz dazu eine waldfreie Fläche wieder mit Wald bepflanzt, spricht man von Aufforstung (Dengler, 1935). Diese kann wiederum in zwei Formen geteilt werden, zum einen die Erstaufforstung, wenn der neue Bestand auf einer zuvor dauerhaft waldfreien Fläche (z.B. Acker, Wiese) angelegt wird. Zum anderen die Wiederaufforstung, wenn die Fläche mit Wald bewachsen und

entweder durch einen Kahlschlag oder in Folge von Naturereignissen wie Windwurf oder Schädlingsbefall beräumt wurde (Schulte, 2023).

In der Forstwirtschaft wird heute meist eine Kombination aus Naturverjüngung und den künstlichen Verfahren gewählt, da die Mutterbäume an den Standort angepasst sind und somit gute Nachkommen produzieren. Ist dies nicht der Fall, wird mit Saat oder Pflanzung nachgeholfen. Außerdem werden die Bestände im Sinne des Waldumbaus mit für den Standort geeigneten Arten ergänzt, welche zuvor noch nicht in den Beständen vorhanden waren. Dabei erfolgt bei den meisten Baumarten die Anpflanzung nach Herkunftsempfehlungen. Diese unterliegen dem Forstvermehrungsgesetz und definieren für jede Region Deutschlands die für den Standort am besten geeigneten Herkünfte. Für die dem Gesetz unterliegenden Baumarten sind diese Empfehlungen in der forstlichen Pflanzung verpflichtend. Aus den oben genannten Gesichtspunkten sollte auch bei Arten, welche dem Gesetz nicht unterliegen, wie u.a. Walnuss und Schwarznuss, immer die am besten an den Standort angepasste Provenienz gewählt werden (Bartsch et al., 2020; Grulich et al., 2022; Schulte, 2023).

Im Folgenden wird nur auf das Thema Pflanzung eingegangen, weil fast ausschließlich diese im Agroforst angewendet wird (Bender et al., 2009).

4.2.1.1 Pflanzmethode

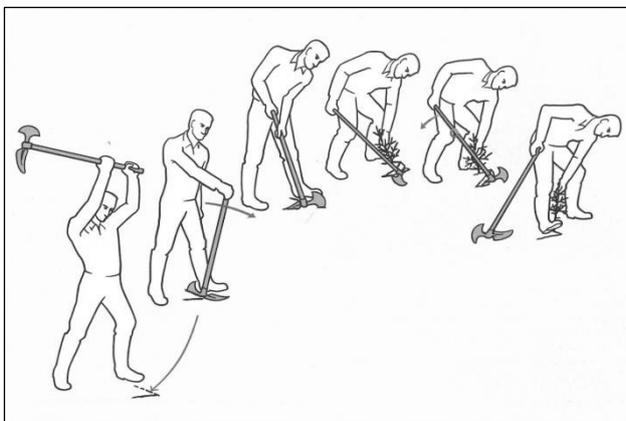


Abbildung 7 Bewegungsabfolge Winkelpflanzung

Die Pflanzmethoden für Gehölze lassen sich in die Spalt- und Wühlmethoden aufteilen. Die Spaltmethoden umfassen die Winkel- und die Schrägpflanzung. Bei der Winkelpflanzung wird mit einer Wiedehopfhacke der Boden T-förmig eingeschnitten, eine Art Dreieck aufgeklappt und in den entstehenden Spalt die Pflanze eingesetzt und festgetreten (Abb. 7). Die Schrägpflanzung wird in Hanglagen

eingesetzt und ist daher für Agroforstpflanzungen ungeeignet. Die Vorteile der Spaltmethoden liegen in der Erhaltung des Kapillarsystems und des Bodengefüges, daher kommt es zu weniger Ausfällen durch Trockenheit. Außerdem haben diese Methoden eine große Flächenleistung, bei der eine geschulte Person bis zu 100 Pflanzen/h in die Erde bringen kann. Allerdings sind sie nur für kleines Pflanzgut mit geringem Wurzelumfang geeignet sind. Darüber hinaus kommt es sehr oft zu Wurzeldeformationen, welche den zukünftigen Baum dauerhaft schädigen, weil sie nicht korrigierbar sind (Grulich et al., 2022; LWF-Bayern, 1998).

Bei umfangreichen Wurzeluntersuchungen wurden 7500 Bäume auf 52 Flächen ausgegraben und die Wurzelentwicklung, sowie mögliche Wurzeldeformationen und ihr Schweregrad untersucht, um Unterschiede zwischen Saat und Pflanzung zu erfassen (Nörr, 2003). Unter allen geschult gepflanzten Bäumen waren 19% ohne Deformationen und fast die Hälfte wies starke bis extreme Anomalien auf, bei den Verjüngungen durch Ansaat waren diese mit 12% deutlich geringer. Zudem ließ sich keine Kompensation der Deformationen durch neues Wurzelwachstum an den teilweise 10-jährigen Bäumen erkennen. Bei 30-40-jährigen Bäumen sind die Deformationen nur in Extremfällen noch erkennbar. Allerdings zeigt sich, dass die Wurzeln deutlich schwächer wachsen und eine hochsignifikant geringere Wurzeltiefe als vergleichbare Naturverjüngung erreichen. Demnach sind diese 21-35 % flacher, was neben einer schlechteren Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit auch zu Instabilität, vor allem bei flachwurzelnden Arten, führt.

Ebenfalls zu den Spaltmethoden gehört das Rhodener Pflanzverfahren, hier wird mit der Hartmannhau gearbeitet. Es wird im Gegensatz zur Winkelpflanzung der Boden weiter geöffnet und gelockert, außerdem kann die Tiefe durch die größere Länge des Werkzeugblattes von 30 cm besser an die Wurzellängen des Pflanzgutes angepasst werden. Durch anfänglich tiefes Setzen und späteres Emporziehen der Pflanze nach Einfüllen der Erde werden die Wurzeln des Baumes optimal ausgerichtet. Bei sorgfältiger Ausführung kommt es daher zu deutlich weniger Wurzeldeformationen durch Stauchung. Da die pflanzenden Personen gezwungen sind, bei der Ausführung zu knien, wird bedächtiger und pflanzenschonender gearbeitet. Die meisten Baumschulsortimente werden bei 25 cm Wurzellänge unterschritten und daher können große Pflanzsortimente mit bis zu 100 cm Sprosslänge gepflanzt werden. Die Schlagkraft liegt bei einer geübten Person und behutsamer Ausführung zwischen 50 und 80 Pflanzen/h. Da diese Methode für die spätere Planung Verwendung findet, ist eine detaillierte Arbeitsabfolge in Anhang 5 dargestellt (Grulich et al., 2022; LWF-Bayern, 1998; WSL, 2024b).

Die zweite Kategorie der Pflanzmethoden sind die Wühlmethoden, zu denen die Lochpflanzungen gehören. Diese werden entweder mit einem Hohlspaten oder motormanuell mit einem Pflanzlochbohrer durchgeführt. Die erste Variante wird aufgrund der Blattlänge des Hohlspatens für Wurzellängen bis 23 cm empfohlen. Außerdem kann es bei sehr lehmigen, tonigen und kiesigen Böden zu Problemen im Pflanzablauf kommen. Es wird mit dem Hohlspaten ein Kegel geschnitten und aus dem Boden gehoben, danach wird die Pflanze eingesetzt und der Kegel wieder abgesenkt und angetreten. Die Schlagleistung pro Person liegt bei 50-60 Bäumen/h. Die aufwendigste Variante ist die motormanuelle Lochbohrung. Sie ist für Wurzellängen >30 cm und damit für sehr große Sortimente geeignet. Hierbei wird allerdings das Bodengefüge durch das Bohren stark geschädigt und durch die zerstörten

Kapillaren im Boden steigt das Risiko, dass das Pflanzgut vertrocknet und abstirbt. Durch den erhöhten Zeitbedarf je Einzelpflanze reduziert sich die Schlagkraft deutlich und liegt im Bereich von 20-35 Pflanzen/h (Bartsch et al., 2020; Grulich et al., 2022; LWF-Bayern, 1998).

Allgemein lässt sich festhalten, dass die Pflanzmethode immer an das verwendete Pflanzgut, die darin enthaltenen Sortimente und den zu bepflanzenden Standort angepasst und sorgfältig gewählt werden sollte. Dadurch werden Pflanzfehler und folgenreiche Wurzeldeformationen minimiert (Grulich et al., 2022; Nörr, 2003).

4.2.1.2 Pflanzsortimente

<i>Acer platanoides</i>	1+0, 1+1, 1+2	<i>Abies alba</i>	2+2, 2+3
<i>Acer pseudoplatanus</i>	1+0, 1+1, 1+2	<i>Abies grandis</i>	1+2, 2+2
<i>Alnus glutinosa</i>	1+0, 1+1, 1+2	<i>Larix decidua</i>	1+1, 1+2
<i>Carpinus betulus</i>	1+1, 1+2	<i>Larix kaempferi</i>	1+1, 1+2
<i>Fagus sylvatica</i>	2+0, 1+2, 2+2	<i>Picea abies</i>	2+1, 2+2
<i>Fraxinus excelsior</i>	1+0, 1+1, 1+2	<i>Picea sitchensis</i>	2+2, 2+2
<i>Prunus avium</i>	1+1, 1+2	<i>Pinus nigra</i>	1+1, 1+2
<i>Quercus petraea</i> u. <i>Q. robur</i>	1+0, 2+0, 1+2	<i>Pinus sylvestris</i>	1+0, 2+0
<i>Tilia cordata</i> u. <i>T. platyphyllos</i>	2+0, 1+1, 1+2	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	1+1, 1+2, 2+1

Abbildung 8 Pflanzsortimente wurzelnackt

In Abbildung 8 sind die gängigsten wurzelnackten Pflanzsortimente dargestellt, die im Forst eingesetzt werden. Generell lässt sich sagen, dass kleinere Pflanzen günstiger zu erwerben und leichter und schneller zu pflanzen sind. Es wurden zahlreiche Untersuchungen durchgeführt, um festzustellen, ob Wachstumsunterschiede bei den Sortimenten erkennbar sind. Diese kamen zu unterschiedlichen Ergebnissen, sodass diese Frage nicht eindeutig und eher baumartenindividuell geklärt werden muss. Allerdings sind die Ausfälle unterschiedlich. Die großen Sortimente fallen vor allem in der Anwuchsphase durch Wassermangel aus und die kleineren Sortimente in den Folgejahren, meist durch Konkurrenz oder schlechte Seitenastentwicklung. Es kommt bei Lochpflanzungen zu weniger Verlusten als bei anderen Pflanzmethoden (Bartsch et al., 2020; Gürth, 1970). In einem weiteren Versuch mit Fichtengroßpflanzen wurde 1978 von Lüpke & Röhrig (1978) festgestellt, dass die Großpflanzen in den ersten drei Jahren deutlich geringere Höhenzuwächse und höhere Ausfälle zeigten als Normalpflanzen. In den späteren Jahren waren die Zuwachsraten bei beiden Qualitäten identisch, sodass nach 7 Jahren die Großpflanzen rund 50 cm höher als die Normalpflanzen waren, was dem Höhenunterschied bei der Pflanzung entsprach. Allerdings waren die Ausfälle mit 60% bei den Großpflanzen doppelt so hoch wie bei den Normalpflanzen (Bartsch et al., 2020).

4.2.1.3 Schutz der Pflanzungen

Es werden hauptsächlich Wuchshüllen eingesetzt, diese sollen Schutz bieten und zu einem verbesserten Mikroklima führen, was das Jugendwachstum positiv beeinflussen soll. Allerdings bieten sie nicht nur Vorteile. So wurde bei Versuchen in Frankreich festgestellt, dass die Hüllen zwar zu einem besseren Höhenwachstum führen, allerdings die Durchmesser 20-30% unter denen von Bäumen im Freiland lagen. Dadurch kommt es zu labilen Pflanzen, die zu Kopflastigkeit neigen und anfälliger für Windwurf sind. Darüber hinaus wird die gesamte Biomasseentwicklung sowohl ober- als auch unterirdisch beeinflusst, so ist die Biomasse bei ungeschützten Pflanzen 18-52 % höher als in der Wuchshülle und dadurch auch das Wurzelwachstum stärker. Generell ist der Wachstumsvorteil durch die Hüllen als vorübergehend zu betrachten, da nach dem Herauswachsen aus der Hülle eine Stagnation des Höhenzuwachses einsetzt. Nach 10 Jahren sind keine Unterschiede mehr zwischen Bäumen mit oder ohne Kunststoffschutz erkennbar. Sehr positiv wirken sie sich dagegen auf die Anwachsrate aus, sodass dabei die Ausfälle meist unter 10 % liegen. Darüber hinaus sind sie bei kleinflächigen Pflanzungen oder einzelnen Nachpflanzungen wesentlich günstiger und mit weniger Aufwand anzubringen als der Bau von Wildzäunen. Zudem bieten sie einen guten Verbiss und Fegeschutz. Bei zunehmenden Pflanzzahlen kann es durch die vergleichsweise hohen Einzelkosten für die Wuchshüllen sinnvoll sein, im Vorfeld beide Schutzformen ökonomisch zu vergleichen. Neben den röhrenförmigen und rechteckigen, geschlossenen Kunststoffhüllen gibt es Gitterhüllen aus Drahtgeflecht. Diese sind allerdings in der Praxis noch nicht weit verbreitet. Die beiden Hüllentypen gleichen sich bei den Vor- und Nachteilen aus, da die Gitter zu einem besseren H/D-Verhältnis der Pflanzen führen, aber das verbesserte Mikroklima fehlt (Bartsch et al., 2020; FVA-BW, 2024d, 2024e; LWF-Bayern, 2024a).

4.2.2 Pflanzzahlen und Pflanzabstände

In der Forstwirtschaft werden in der Regel zwei Systeme unterschieden, die Pflanzung im Weitverband und die Pflanzung im Engverband. Dabei sind für jede Baumart die Pflanzzahlen unterschiedlich, welche diesen Systemen entsprechen. Beides dieser Systeme bringt Vor- und Nachteile mit sich. Je dichter die Bäume wachsen, desto stärker ist das Höhenwachstum. Gleichzeitig ist der Ausfall durch Konkurrenz höher als in weiten Verbänden. Dagegen entwickeln sich die Durchmesserzuwächse besser in weiten Verbänden, da jeder Pflanze mehr Nährstoff- und Wasserressourcen zur Verfügung stehen (Bartsch et al., 2020; Forestbook, 2018).

Aufgrund der Pflanzkosten wird ein Weitverband als vorteilhaft angesehen, da es zu weniger Verlusten kommt und sich die Bestände einfacher pflegen lassen. Die Pflanzzahlen je ha im

Weitverband liegen zwischen 7000 (Eiche) und 1300 (Lärche). Dies ist vor allem auf die Lichtbedürftigkeit und die benötigte Standfläche zurückzuführen. Hier ist allgemeingültig, dass Nadelbäume durch ihre eher breitwachsende Form größere Standräume benötigen. Die oben genannten Pflanzzahlen entsprechen Pflanzabständen von 0,8 m (Eiche) und 2,7 m (Lärche) (Bartsch et al., 2020; Forestbook, 2018).

4.2.3 Düngung

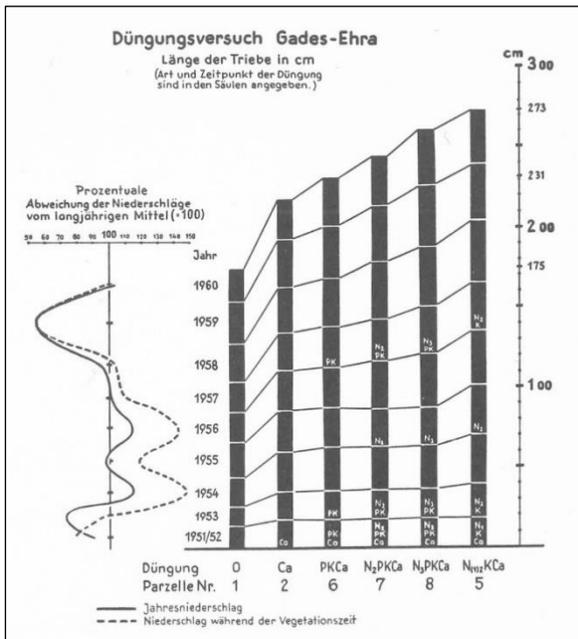
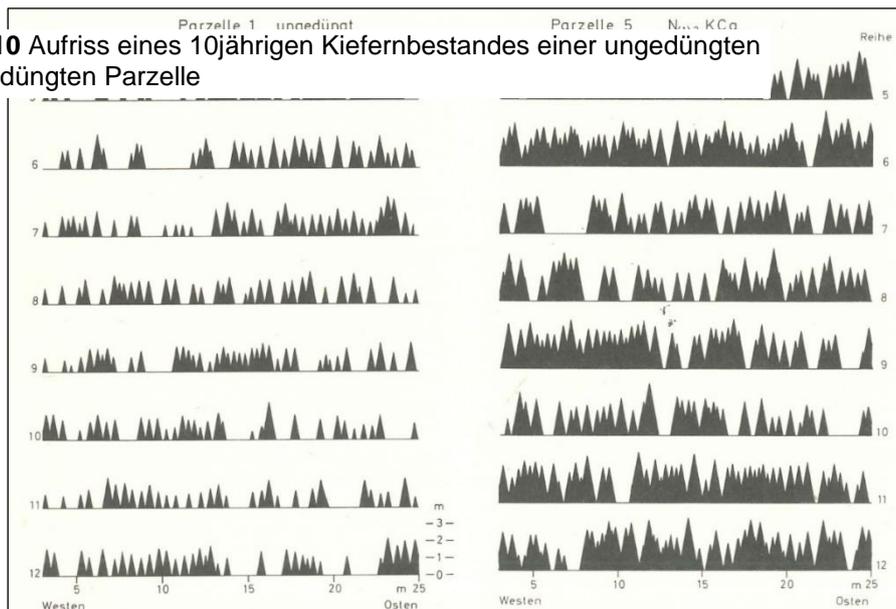


Abbildung 9 Mittlere Triebhöhen von Kiefern auf verschiedenen gedüngten Parzellen

In der konventionellen Forstwirtschaft werden Düngungen aufgrund hoher Kosten eher selten angewandt und meist lediglich direkt bei der Pflanzung oder später in Form von Kalkungen durchgeführt. Diese werden hauptsächlich zur pH-Wert-Anpassung der Waldböden genutzt, da mit zunehmender Versauerung die Verwitterung von Tonmineralen zunimmt und damit die Nährstoffverfügbarkeit der Böden sinkt. Teilweise wird dabei Phosphor (P) und Kalium (K) dem dolomitischen Kalk beigegeben, um eine Düngung der Bestände zu erzielen. Die Kalkungen sind nicht bundesweit einheitlich geregelt, sondern jedes Bundesland hat eigene Vorgaben, wie viel und in welchen

Abständen die Wälder behandelt werden sollen (FVA-BW, 2024f; Kramer, 1988).

Abbildung 10 Aufriss eines 10jährigen Kiefernbestandes einer ungedüngten und einer gedüngten Parzelle



Auf den Ackerstandorten, auf denen die Systeme etabliert werden sollen, ist aufgrund der besseren Standortbedingungen mit einem schnelleren Wachstum zu rechnen. Dies ist vor allem auf die gute Nährstoffverfügbarkeit und regelmäßige Düngung der landwirtschaftlichen Flächen zurückzuführen. In forstlichen Pflanzversuchen wurden mehrfach die Auswirkungen von Düngungen betrachtet. Bei einem Versuch in Ehra in Niedersachsen wurde das Wuchsverhalten von Kiefern untersucht, dabei wurden einzelne Parzellen zusätzlich mit Düngemitteln versorgt und anschließend mit ungedüngten Nachbarparzellen verglichen. Es waren deutlich höhere Wuchseleistungen durch die Düngungen zu erkennen, sowohl in den Höhenzuwächsen als auch in den Durchmesserwerten. Allerdings sollten die Düngungen auf das Baumalter abgestimmt werden, da vor allem zu hohe Stickstoffgaben im Jugendalter zu Wuchsdepressionen führen (Abb. 9 und 10) (Gussone, 1963; Kramer, 1988).

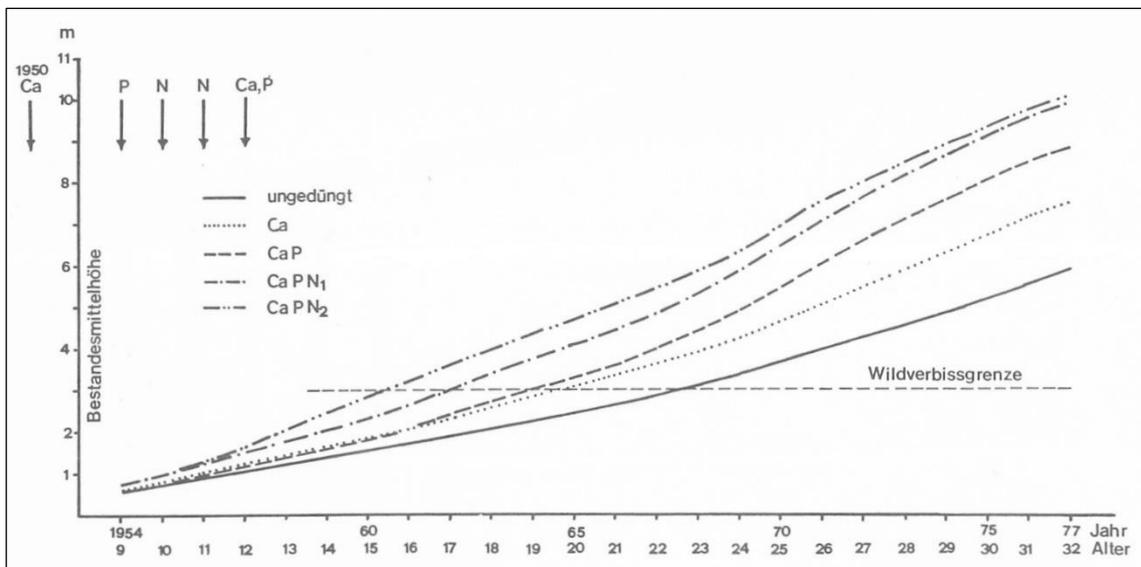


Abbildung 11 Entwicklung von Standesmittelhöhen nach verschiedener Düngung

In einem weiteren Versuch wurde von Evers im Jahr 1964 Jungwuchs auf einer ehemaligen Streuwiese etabliert und dabei zeichneten sich Fichten und Erlen als besonders wüchsig aus. Einige Jahre später wertete Evers zusammen mit Altherr einen Versuch aus, bei dem das Wachstum von Fichten über einen Zeitraum von 32 Jahren und dabei die Auswirkungen verschiedener Düngergaben untersucht wurden. Die gedüngten Bäume zeigten durchweg ein besseres Höhen- und Dickenwachstum, wobei vor allem die Kombination verschiedener Düngemittel und die Gabe nach Wuchsstadium zu den besten Ergebnissen führte. Dabei schätzten Altherr und Evers, dass durch das verbesserte Dickenwachstum ein Bonitätsanstieg von bis zu 2,5 dGZ-Stufen erreicht werden kann. Außerdem ist zu erwähnen, dass die

Wildverbissgrenze im Vergleich zu ungedüngten Beständen bis zu 8 Jahre eher erreicht wurde (Abb. 11) (Altherr & Evers, 1981; Evers, 1964; Kramer, 1988).

4.2.4 Pflegemaßnahmen

Das Hauptziel der Pflegemaßnahmen ist die Erzeugung von Qualitäts- und Wertholz. Ziel ist dabei die Produktion von bestenfalls fehlerfreiem und starkem Stammholz, welches zu Schnittholz und Furnieren verarbeitet werden kann. Dass dabei weitere Koppelprodukte wie schwaches Sägeholz, Industrieholz und Energieholz anfallen, erklärt sich vor allem aus den Pflegemaßnahmen in Form von Läuterungen und Durchforstungen. Diese sind allerdings für die wirtschaftlichen Erträge eher unbedeutend. Daher ist ihr Anteil aus wirtschaftlicher Sicht so gering wie möglich zu halten. Das Wertholz stellt die Spitze der Wertschöpfungskette in Mitteleuropa dar, ist allerdings von der reinen Holzmenge verglichen zum Gesamteinschlag sehr gering.

4.2.4.1 Eingriffe nach natürlichen Altersstufen

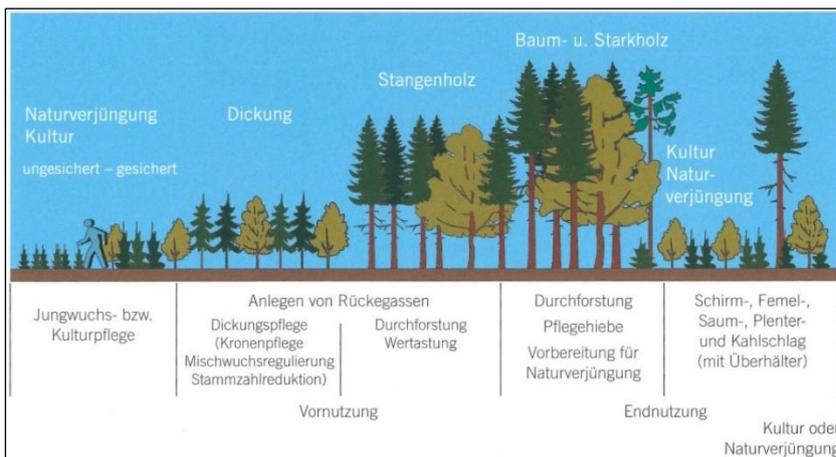


Abbildung 12 Altersstufen des Waldes mit Pflegemaßnahmen

Die Bestandespflege unterteilt sich in die dienenden Hiebseingriffe wie die oben genannten Läuterungen und Durchforstungen und die Pflegemaßnahmen zur Wertsteigerung, wie Wertastungen. Die Zeitpunkte der Arbeiten hängen von den natürlichen Altersstufen des jeweiligen Bestandes ab. Diese lassen sich nicht am Bestandesalter erkennen, sondern sind ein Resultat der Entwicklungsstufen (Abb. 12). Diese sind sowohl von den genetischen Ressourcen als auch den Standortbedingungen und den bereits erfolgten Pflegemaßnahmen und daraus resultierenden Wuchseleistungen abhängig. Läuterungen und Durchforstungen haben viel gemeinsam, so werden bei beiden selektiv Individuen aus dem Bestand entnommen, wodurch Wuchsräume geschaffen werden, welche von bleibenden Bäumen genutzt werden können. Dadurch tritt ein Wertzuwachs der Fläche ein. Der größte Unterschied der beiden Hiebarten besteht in dem Zeitpunkt ihrer Ausführung, denn sie werden in

unterschiedlichen Altersstufen des Waldes vorgenommen. Läuterungen sind die ersten Pflegemaßnahmen in Jungbeständen und schaffen den Jungbäumen mehr Platz. Dabei kann zum einen noch nicht auf Qualitäten von Individuen eingegangen werden, weil diese noch nicht erkennbar sind, und zum anderen können aus den geschlagenen Bäumen keine Erlöse erzielt werden, da die Dimensionen für eine Vermarktung zu gering sind und deshalb im Wald verbleiben. Im Gegensatz dazu wird ab einem BHD von 15-20 cm von Durchforstungen gesprochen. Das bei diesen Eingriffen gewonnen Holz kann bereits, wenn auch zu geringen Preisen und meist im Industrie- und Energieholzsegment, vermarktet werden. Dabei werden die anfallenden Holzerntekosten vor allem bei den ersten Eingriffen nicht immer gedeckt. Es sind besonders Laubholzbestände betroffen, da hier das Stangenholz schlechter bezahlt und die Erntekosten höher als bei Nadelholz ausfallen. Nach Bartsch et. al (xxxx) sind allerdings bei einer guten Marktlage und Havestereinsatz positive Deckungsbeiträge möglich. Die Pflegemaßnahmen, welche nicht kostendeckend durchzuführen sind, werden betriebswirtschaftlich als Investitionen betrachtet (Bartsch et al., 2020; info-privatwald.de, 2024).

Einen guten Überblick über die natürlichen Altersstufen und die jeweilig durchzuführenden Pflegemaßnahmen bietet Tabelle 3.

Tabelle 3 Natürliche Altersstufen und daraus resultierende Pflegemaßnahmen

Natürliche Altersstufe	BHD (cm)	Weitere Merkmale	Pflegemaßnahmen
Jungwuchs	-	<ul style="list-style-type: none"> Vom Beginn der Bestandesgrundung bis zum Eintritt des Bestandesschlusses Dichteunabhangige Mortalität Weitere Etablierung von Bäumen Interspezifische Konkurrenz mit Arten der Bodenvegetation 	Jungwuchspflege
Jungbestand	>15	<ul style="list-style-type: none"> <i>Dickung</i>: volle Beastung bis fast zum Boden <i>Gertenholz</i>: Äste bis ca. 3 m absterbend oder abgestorben Inter- und intraspezifische Konkurrenz zwischen den Bäumen führt zu beginnender Baumklassen- und Schichtendifferenzierung und rascher Baumzahlverminderung (dichteabhängige Mortalität) 	Läuterung, Astung (Beginn)
Stangenholz	15-20	<ul style="list-style-type: none"> Inter- und intraspezifische Konkurrenz zwischen den Bäumen in hoher Intensität führt zu fortgesetzter und rasch ablaufender Baumklassen- und Schichtendifferenzierung und zu hoher dichteabhangiger Mortalität Qualitative Unterschiede zeichnen sich ab 	Astung (Ende, außer Hochastung), Durchforstung (Beginn)
Natürliche Altersstufe	BHD (cm)	Weitere Merkmale	Pflegemaßnahmen

Schwaches Baumholz	21-35	<ul style="list-style-type: none"> • Geringere inter- und intraspezifische Konkurrenz zwischen den Bäumen • Deutlich verlangsamte Baumklassen- und Schichtendifferenzierung und geringere dichteabhängige Mortalität 	Durchforstung, Hochästung (Ende)
Mittleres Baumholz	36-50	<ul style="list-style-type: none"> • Stark verlangsamte Differenzierungs- und Ausscheidungsprozesse, leicht abnehmender Schlussgrad • Beginnende Etablierung einer Kraut- und Strauchschicht (außer bei stark abschattenden Baumarten) 	Durchforstung, einsetzende Zielstärkennutzung
Starkes Baumholz	>51	<ul style="list-style-type: none"> • Geringe Mortalität und leicht abnehmender Schlussgrad in der Oberschicht, weitere Entwicklung einer Unterschicht möglich (außer bei stark abschattenden Baumarten) 	Durchforstung, Zielstärkennutzung bzw. Endnutzung

Quelle: verändert nach Bartsch et al. (2020), S.349

4.2.4.2 Wertastungen

Wertastungen werden hauptsächlich zur späteren Wertsteigerung des Holzes durchgeführt, können aber auch schon in der Jugendphase angewandt werden, um zum Beispiel durch die Entfernung von Gipfeltrieben einer späteren Verzwieselung und damit einer Verschlechterung der Schaffform entgegenzuwirken (Bartsch et al., 2020).

Wichtig zu beachten ist der Zeitpunkt der Astungen, dabei spielt sowohl der Astdurchmesser, als auch der BHD eine entscheidende Rolle für die spätere Wertigkeit des Holzes. Die Astdurchmesser sollten 3 cm nicht überschreiten (Quelle). Zum einen gewährleistet dies einen schnellen Wundverschluss, was das Eindringen von Erregern wie Pilzen reduziert, welche zu Fäulnis und Holzverfärbungen führen können. Zum anderen wird so die Überwallungsdauer reduziert. Dies ist besonders wichtig, da an den Überwallungszonen verschiedenste Holzfehler auftreten, dazu gehören neben einem unregelmäßigen Faserverlauf auch Verharzungen und Rindeneinschlüsse. Die Überwallungsdauer hängt dabei von mehreren Faktoren ab. Einen großen Einfluss hat die Wuchsintensität des Baumes, welche wiederum von Standortfaktoren maßgeblich beeinflusst wird. Es gibt außerdem Unterschiede je nach Baumart. Besonders Laubbäume wie Ahorn, Eiche, Esche, Pappel und Vogelkirsche neigen zu Wasserreiserbildung an den Schnittstellen von dicken Ästen. Diese können nur schwer dauerhaft entfernt werden und stellen später einen erheblichen Qualitätsverlust im Holz dar. Nach Grünastungen überwallen die Wunden rascher als bei der Trockenastung. Darüber hinaus hat die Länge des Aststummels und die Qualität der Schnitte einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Überwallungsdauer. Je glatter die Schnitte erfolgen, desto schneller wird überwallt. Spätwinter- und Frühjahrsastungen sorgen für schnellere Überwallungen als Schnittmaßnahmen im sonstigen Jahr. Generell sollten nur Bestände geastet werden, die hohe Zuwüchse von mindestens Ertragsklasse II aufweisen. Dabei sollten

lediglich die Bäume gewählt werden, welche der herrschenden Klasse entsprechen, denn eine Astung an mäßig wachsenden Individuen führt zu einer Wuchsdepression. Dadurch würden sie im Laufe der Zeit von ihren Nachbarn überwachsen, sodass sich die Astungen als nicht erfolgreich erwiesen (Bartsch et al., 2020; Reeg, 2009; Universität Freiburg, 2019).

Als Mindestastungshöhe werden 4 m angenommen, wobei ein genereller Wert von 1/3 der Endhöhe empfohlen wird. Somit kann bei sehr hochwachsenden Arten wie u.a. Douglasie auch auf Höhen von 10-12 m geastet werden. Dabei ist zu beachten, dass solche Astungshöhen nur Sinn ergeben, wenn der spätere BHD über 60 cm beträgt. Grund dafür ist, dass für eine ausreichende Ausbeute an astreinem Holz von mehr als 50 % des Stammvolumens der Durchmesser des asthaltigen Kerns nicht mehr als 1/3 des Stammdurchmessers betragen darf und somit bei einem Stammdurchmesser von 20 cm die Astung abgeschlossen sein muss. Diese Stammwerte in den betreffenden Höhen erreichen in Mitteleuropa nur starkwüchsige Nadelbaumarten (Bartsch et al., 2020; Waldbauernschule Bayern, 2024; WSL, Eidg. Forschungsanstalt WSL -, 2024).

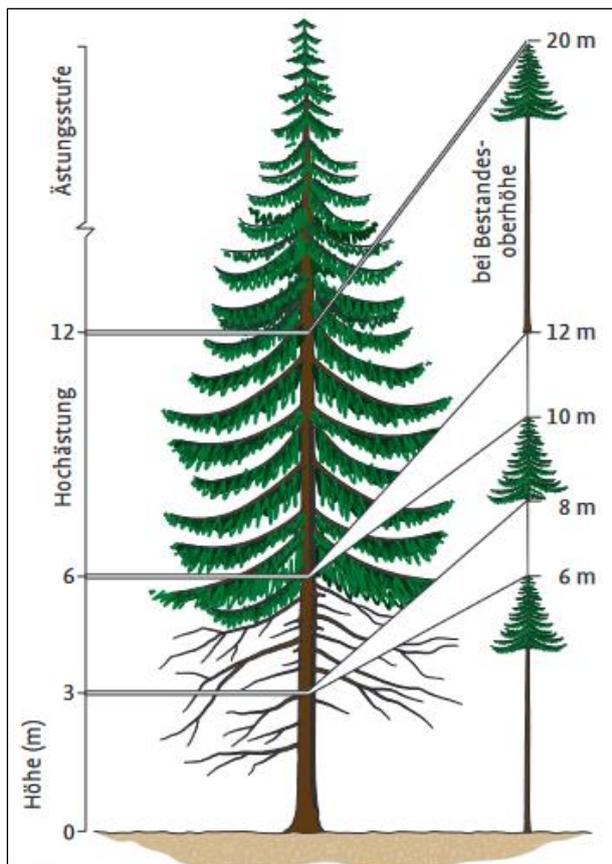


Abbildung 13 Astungsstufen in Abhängigkeit der Bestandesoberhöhe

Bei der Ausführung wird zwischen Trocken- und Grünastungen unterschieden. Bei der Trockenastung werden lediglich bereits abgestorbene Äste entfernt, wogegen bei der Grünastung auch lebende, belaubte bzw. benadelte Äste entfernt werden. Aufgrund der oben bereits erwähnten Neigung zur Wasserreiserbildung von Laubbäumen wird in der Regel in der Forstwirtschaft auf eine Grünastung bei Laubholz verzichtet und mehr mit der natürlichen Astreinigung gearbeitet, sodass durch die Beschattung der Nachbarbäume die Äste am betreffenden Stammabschnitt absterben und dann entfernt werden. Dies ist besonders wichtig bei den Baumarten, die als Totasthalter gelten und somit ihre abgestorbenen Äste nicht selbstständig verlieren. Dazu zählen neben den

Laubbaumarten Vogelkirsche, Pappel, Nussbäume und Birke auch alle Nadelbäume. (Bartsch et al., 2020; SEBA, 2004; Waldbauernschule Bayern, 2024; WSL, Eidg. Forschungsanstalt WSL -, 2024)

Die Astung erfolgt meist in zwei Stufen. Der erste Eingriff erfolgt bei einer Bestandeshöhe von knapp 6 m und es wird bis 3 m aufgeastet. Dabei werden neben Totästen auch vereinzelt lebende Äste entfernt. Diese Arbeiten werden meist mit Handsägen ausgeführt. Die zweite Astungsstufe wird in der Regel nach einer weiteren Durchforstung des Bestandes nach 5-10 Jahren vorgenommen und erfolgt bis zu einer Höhe von 6 m. Weitere Stufen bis zu einer Schafthöhe von 9 m und darüber sind möglich. Ab einer Höhe von 6 m wird von Hochentastung gesprochen, diese erfolgt mit verschiedenen Methoden. Es können Sägen mit verlängertem Gestänge eingesetzt werden, welche von Leitern aus bedient werden. Darüber hinaus wird mit Baumvelos gearbeitet, dies sind pneumatisch angetriebene Baumscheren. Auch Klettersägen kommen zum Einsatz, allerdings am besten nur bei Nadelbäumen, da sie an nicht ganz geraden Stämmen zu Rindenverletzungen führen können. Die Astungshöhe orientiert sich stets an der Bestandeshöhe und an den Baumkronen der jeweiligen Einzelbäume. Mindestens 50 % des Kronenvolumens sollte bei jeder Astung erhalten werden, um Wuchsdepressionen zu vermeiden. In sehr weiten Pflanzverbänden wachsende Bäume reagieren empfindlicher auf die Eingriffe, weil sie prozentual mehr Licht- als Schattenblätter ausbilden und daher die Assimilationsleistung stärker reduziert wird. Die Auswirkungen von Grünastungen auf die Höhenzuwachsleistungen fallen marginal und kurzfristig aus. Beim den Durchmesserzuwachsen verhält es sich anders. Diese sind in den ersten Jahren nach den Eingriffen teilweise deutlich vermindert und nehmen mit einer Reduzierung der Kronenfläche überproportional ab (Bartsch et al., 2020; Waldbauernschule Bayern, 2024; WSL, Eidg. Forschungsanstalt WSL -, 2024).

4.2.5 Erntemethoden

Die am häufigsten in der Forstwirtschaft eingesetzte Einschlagsmethode ist die Kombination aus Harvester als Erntemaschine und Forwarder, einem forstlichen Rückezug, zum Rücken und zur Polterung des Holzes. Allerdings lohnen sich diese großen Erntemaschinen aufgrund der hohen Logistikkosten erst ab hohen Einschlagszahlen. So liegt die Wirtschaftlichkeitsgrenze bei Harvestereinsätzen bei 500 Fm für Schwachholz und für die Ernte von Bäumen mit Stammdurchmessern >40 cm bei 1000 Fm. Die Grenzen für den Forwardereinsatz sind geringer und liegen bei mindestens 200 Fm. Da diese Mengen in Agroforstsystemen nicht erreicht werden, wird hier nur die motormanuelle Holzernte betrachtet. Bei dieser Methode erfolgt das Fällen, die Entastung und die Sortimentsaushaltung mit Hilfe der Motorsäge. Diese Arbeiten werden von qualifizierten Forstwirten ausgeführt, welchen über einen überdurchschnittlichen Übungsgrad verfügen. In der Arbeitsvorbereitung werden die zu entnehmenden Bäume markiert, darüber hinaus sollten besonders gut gewachsene Individuen, sogenannte Z-Bäume, von denen erwartet wird in Zukunft hohe Wertigkeiten zu erzielen, gesondert gekennzeichnet werden. Dadurch wird gewährleistet, dass

beim Einschlag die Fallrichtungen so gewählt werden, dass diese unbeschädigt bleiben (Forestbook, 2022; Kosin, 2021; KWF, 2023b).

Die Kosten für den motormanuellen Einschlag orientieren sich üblicherweise am EST, dem erweiterten Sortentarif. Darin sind je nach Sortimenten und BHD (ohne Rinde) die zu kalkulierenden Arbeitskosten pro Fm festgelegt. Diese unterteilen sich in die reinen Lohnkosten und die Maschinenkosten der Motorsäge. Außerdem werden in den Übersichten die Baumarten Fichte, Tanne, Kiefer, Buche und Eiche unterschieden. Aus diesen Tabellen lassen sich überschlagsweise die Stücklohnarbeiten in der Holzernte ableiten. Die resultierenden Löhne basieren auf dem Akkordlohnsystem, dabei erfolgt die Bezahlung nach Leistung, was nicht mehr in allen Bundesländern angewandt wird. Trotzdem werden diese Tabellen weiterhin für die überschlagsweise Kostenkalkulation der Ernteverfahren eingesetzt (Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V., 2023).

Bei einem motormanuellen Einschlag wird üblicherweise die Rückung durch einen Forwarder übernommen. Da dieser, wie oben erwähnt, erst für größere Mengen in Frage kommt, wird bei kleineren Mengen oft mit einem Forstraktor vorgerückt, also der Stamm auf einen Wald- oder Feldweg gezogen und erst später mit einem Gerät mit Kraneinheit zu Poltern aufgeschichtet. Eine weitere Möglichkeit ist ein Forstspeziialschlepper mit sogenannter Klemmbank, auf dieser mehrere Stämme gleichzeitig transportiert werden können, was die Kosten verringert. Zudem befindet sich an der Maschine ein Kranarm, um die Stämme nach dem Rücken direkt am Weg zu poltern (KWF, 2023a, 2023b).

4.3 Holzmärkte

Der Holzmarkt in Deutschland stellt eine Besonderheit unter den Märkten dar, da er beschränkungsfrei ist, also keiner Marktordnung unterliegt. Somit können alle Waldeigentümer und -eigentümerinnen den Markt unabhängig von ihrer Waldfläche völlig gleichberechtigt bedienen. Trotzdem sind auch auf dem Holzmarkt, wie auf allen anderen Märkten, die großen Unternehmen und auch internationale Konzerne vertreten und somit bleiben für Kleinerzeuger häufig nur die Nischensortimente und regionale Vermarktungswege. Auch der Holzmarkt unterliegt den Schwankungen der allgemeinen Wirtschaftslage und wird vom globalen Holzhandel beeinflusst (STMELF Bayern, 2024c).

Im Wirtschaftsjahr 2023 wurden in Deutschland 70,6 Mio. Fm Holz geerntet (ohne Rinde). Dies sind 8,7 Mio. Fm oder 10,2 % weniger als im Jahr 2022. Dabei waren 82 % der Holzeinschlagmenge Nadelhölzer (66 % Fichte, Tanne, Douglasie und sonstiges Nadelholz und 16 % Lärche und Kiefer) und lediglich 18 % Laubholz (15 % Buche und sonstiges Laubholz und 3 % Eiche und Roteiche) (BMEL-Statistik, 2024).

Wenn man auf Abbildung 14 den Einschlag nach Holzsorte betrachtet, bestätigt sich, dass in Deutschland das Hauptaugenmerk in der Holzerzeugung auf den Qualitätssegmenten Stammholz und Industrieholz beruht. Diese beiden Sorten stellen mit 75 % den mit Abstand größten Teil. Lediglich 20 % werden für energetische

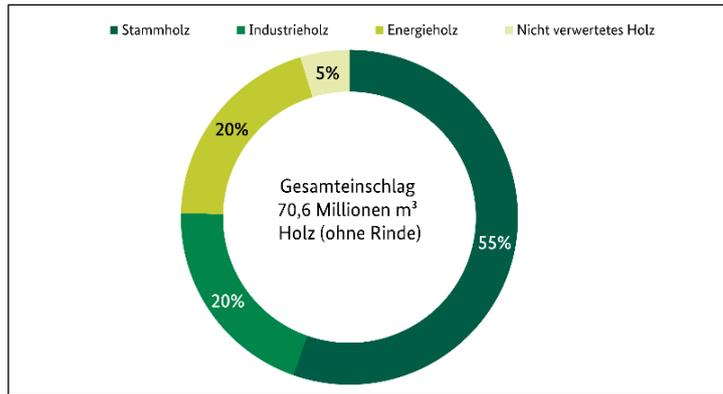


Abbildung 14 Gesamteinschlag nach Holzsorten in Deutschland 2023

Zwecke genutzt und sind wie erwähnt hauptsächlich Koppelprodukte der Qualitätsholzerzeugung. Lediglich 5 % sind nicht verwertetes Holz, dies ist Derbholz welches dauerhaft im Wald verbleibt und daher nicht wirtschaftlich genutzt wird, wie beispielsweise Äste und Reisig (BMEL-Statistik, 2024; Thüringer Landesamt für Statistik, 2024).

4.3.1 Sortimente und Verwendungen

Nach dem Fällen des Baumes wird der Stamm in verkaufsfähige und marktgerechte Stücke zerteilt, dies wird als Holzausformung bezeichnet. Dabei spielen mehrere Kriterien eine Rolle, doch an erster Stelle stehen stets die Wünsche des Käufers, wobei sowohl die gewünschten Sortimente als auch die vereinbarten Übermaße entscheidend sind. Darüber hinaus muss der Holzerzeuger genau abwägen, welche Sortimente er produzieren möchte, um aus dem vorhandenen Rohmaterial die höchstmöglichen Gewinne zu erzielen (Grulich et al., 2022).

Dabei werden die Hölzer in Deutschland in drei Sortimente mit jeweiligen Untersortimenten eingeteilt (Tab. 4).

Tabelle 4 Holzsortimente nach RVR (RVR hier ausschreiben)

Sortiment	Sorte (Kurzbezeichnung)	Längen	Definition
Stammholz	lang (ST) Abschnitte (FL)	individuell bis 6 m	Stammholz ist Rundholz, das für eine stoffliche Nutzung, insbesondere in der Säge- oder Furnierindustrie, vorgesehen ist.
Industrieholz	lang (IL) kurz (IS) Waldhackschnitzel (HS oder WHI)	>3 m 1-3 m	Industrieholz ist Rohholz, das i.d.R. mechanisch oder chemisch aufgeschlossen wird und für eine stoffliche Verwendung, insbesondere in der Holzwerkstoffindustrie bzw. in der Papier- und Zellstoffindustrie, vorgesehen ist.
Energieholz	lang (BL) kurz (BS) Waldhackschnitzel (HS oder WHE)	>3 m 1-3 m	Energieholz ist Rohholz, das für eine energetische Nutzung vorgesehen ist. Dazu zählt auch das bei der Holzernte anfallende Waldrestholz.

Quelle: eigene Darstellung nach DFWR & DHWR (2023)

Darüber hinaus werden auch Sondersortimente ausgehalten, diese umfassen alle Holzsortimente für besondere Verwendungen wie Palettenholz, Masten, Rammpfähle und Schwellen (DFWR & DHWR, 2023).

4.3.1.1 Stärkeklassen

Den größten Einfluss auf die späteren Verwendungsmöglichkeiten von Holz hat der Stammdurchmesser. Daher ist die Bezahlung nach Mittendurchmesser bei Sägerundholz mittlerweile gängige Praxis (Grulich et al., 2022).

Dieser wird in der Mitte des Stammes mit einer Kluppe (Messschieber) gemessen, dabei wird das Übermaß nicht mitberücksichtigt. Ab einem Durchmesser von 20 cm wird an der Messstelle zweimal um 90° versetzt gemessen und aus den beiden Werten der Mittelwert gebildet, dabei wird stets abgerundet. Außerdem ist zu beachten, das Holz immer ohne Rinde gehandelt wird und daher noch ein Rindenabzug erfolgen muss, dieser ist baumartenspezifisch und kann erheblich schwanken. Aus diesem Grund ist entweder die Rindenstärke an der Messstelle zu ermitteln, oder es werden im Vorfeld regionale und hiebsbezogene Rindenabzugswerte vereinbart (DFWR & DHWR, 2023; Grulich et al., 2022; STMELF Bayern, 2024a, 2024b).

Tabelle 5 Stärkeklassen zur Einteilung von Stammholz

Mittendurchmesser ohne Rinde (cm)	Stärkeklasse
bis 9	D 0
10 - 14	D 1a
15 - 19	D 1b
20 - 24	D 2a
25 - 29	D 2b
30 - 34	D 3a
35 - 39	D 3b
40 - 49	D 4
50 - 59	D 5
60 - 69	D 6
70 - 79	D 7
ab 80	D 8

Quelle: (DFWR & DHWR, 2023)

Die Unterteilung in die Unterklassen a und b muss nicht vorgenommen werden, kann allerdings bei Bedarf auch auf die Stärkeklassen D4-D8 angewendet werden (DFWR & DHWR, 2023).

4.3.1.2 Holzmerkmale

Es werden noch weitere Holzmerkmale definiert, welche sich teilweise baumartenspezifisch unterscheiden und die Verwendbarkeit des Holzes stark beeinflussen können. Die gängigsten Merkmale werden in den folgenden beiden Tabellen aufgeführt, genauere Informationen zu den Merkmalen sowie die Anleitung zu ihrer Quantifizierung finden sich in der Anlage VIII der RVR (Rahmenvereinbarung für den Rohholzhandel in Deutschland) im Anhang 6 (DFWR & DHWR, 2023; Grulich et al., 2022).

Tabelle 6 Holzmerkmale am Stamm nach RVR

Holzmerkmale nach RVR		
Abholzigkeit	Beulen	Stammtrockenheit
Äste, sichtbar	Einfache Krümmung	T-Flecken/T-Krebs
Äste, überwallt	Drehwuchs	Wasserreiser
Auswuchs (Wasserreiserkopf)	Rindenschäden	Klebäste

Quelle: eigene Darstellung nach DFWR & DHWR (2023)

Tabelle 7 Holzmerkmale im Stammesinnern nach RVR

Holzmerkmale nach RVR		
Exzentrizität der Markröhre	Hartfäule/Faulstellen (Nadelholz)	Splint
Rotkern (Buchenholz)	Harzgallen	Splintfäule
Spritzkern (Sonderform des Rotkerns)	Insektenfraßgänge (im Holz)	Reaktionsholz
Weißfäule (Buchenholz)	Durchschnittliche Jahrringbreite	Risse
Fäule (Eichenholz)	Mondring	Verfärbungen
Weichfäule/Faulstellen (Nadelholz)		

Quelle: eigene Darstellung nach DFWR & DHWR (2023)

Auf ein Merkmal soll im Folgenden etwas genauer eingegangen werden. Dies ist die durchschnittliche Jahrringbreite. Der Grund liegt in den schon beschriebenen höheren Wachstumsleistungen auf Ackerstandorten, dies führt zwangsläufig zu größeren Jahrringen. Dies wurde auch in einem Düngerversuch an 50–70-jährigen Fichten von Hausser 1961 nachgewiesen, wobei auffiel, dass die Wirkungen der Düngungen erst in den darauffolgenden Jahr einsetzen (Abb. 15) (Hausser, 1961).

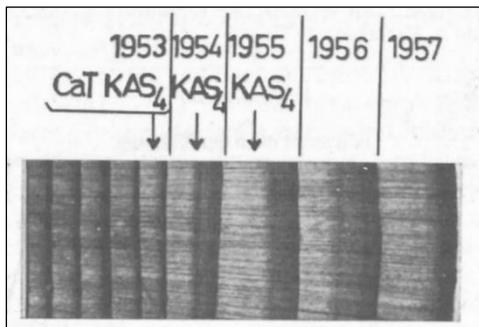


Abbildung 15 Jahrringentwicklung von *Picea abies* nach Düngung

Wie in Tabelle 9 ersichtlich, spielt die Jahrringbreite vor allem in der Wertholzerzeugung eine große Rolle. Denn es sind laut RVR maximale Breiten definiert, diese bewegen sich in einem Bereich von 3-6 mm. Dabei ist eine gleichmäßige Breite wichtiger als die maximalen Breiten. Grund dafür ist, dass bei stark schwankenden Jahrringen die physikalischen Eigenschaften des Holzes negativ beeinflusst werden und es an Wert verliert. Vor allem in den hochpreisigen

Klassen wie Furnierholz ist die Jahrringbreite das entscheidende Merkmal. Allerdings gibt es keine Literatur, welche die Jahrringbreiten für Furnierqualitäten beschreibt (Bartsch et al., 2020).

4.3.1.3 Holzqualitäten

4.3.1.3.1 Qualitätssortierung von Stammholz

Stammholz wird nach den vorhandenen Holzmerkmalen in Qualitätsklassen eingeteilt. Dabei ist wichtig, dass die Sortierung verwendungsneutral erfolgt und erst danach die jeweilige Verwendung festgelegt wird. Stammholz wird in Deutschland in vier Klassen eingeteilt (Tab. 8) (DFWR & DHWR, 2023).

Tabelle 8 Qualitätsklassen Stammholz

Qualitätsklassen	Beschreibung
A	Stammholz von ausgezeichneter Qualität. Es ist fehlerfrei oder weist nur unbedeutende Qualitätsmerkmale auf, die seine Verwendung kaum beeinträchtigen.
B	Stammholz von normaler Qualität mit wenigen und/oder mäßig ausgeprägten Qualitätsmerkmalen.
C	Stammholz von normaler Qualität mit vermehrt vorkommenden und/oder stärker ausgeprägten Qualitätsmerkmalen.
D	Stammholz, das wegen seiner Merkmale nicht den Klassen A, B, C angehört, aber als Stammholz nutzbar ist.

Quelle: DFWR & DHWR (2023)

Um die Einteilung vornehmen zu können, werden in der RVR generelle Regeln zur Qualitätssortierung formuliert. Marktüblich ist eine Werksvermessung, dabei werden in den Sägewerken die Stämme einzelstammweise mit elektronischen Rundholzvermessungsanlagen vermessen. Diese bilden sowohl die Dimensionen der Stämme ab, als auch die Qualitätsmerkmale Abholzigkeit, Krümmung und Ovalität. Werden darüber hinaus weitere Holzmerkmale optisch beurteilt, sind diese zu dokumentieren. Diese Merkmale sind mit denen in der RVR vorgegebenen Messanweisungen zu ermitteln. Wichtig ist, dass die in den Vermessungsanlagen ermittelten Dimensionen entscheidend für den Verkaufserlös sind und nicht die im Forstrevier händisch ermittelten (DFWR & DHWR, 2023; DFWR & VDS, 2005). Bei den Qualitäten A-C können einzelne Merkmale, die nicht der jeweiligen Klasse entsprechen, durch die sonst gute Qualität des vorliegenden Holzes ausgeglichen werden. Liegen aber mehrere Merkmale vor, die einzeln keine Abstufung begründen würden, kann allerdings durch den Gesamteindruck des Stammabschnittes eine Abstufung durchgeführt werden. Außerdem können Mischqualitäten, wie A/B, B/C, usw. festgelegt werden. Diese müssen allerdings im Vorfeld einvernehmlich zwischen Käufer und Verkäufer abgestimmt werden. Darüber hinaus können die Stämme entweder im Gesamten in eine Qualitätsklasse einsortiert werden, oder aber als sogenannter Klammerstamm klassifiziert werden. Das heißt, dass der Stamm durch theoretische Schnitte (er bleibt jedoch als Gesamtstamm erhalten und wird nicht zersägt) unterteilt wird und die jeweiligen Stammabschnitte in unterschiedliche Klassen eingeordnet werden. Die Mindestlängen solcher Abschnitte betragen in den Klassen A und B jeweils 3 m. Außerdem gibt es Vorgaben, wie das Stammholz zu behandeln ist. Es ist stammbündig zu entasten und der Wurzelanlauf sollte beigeschnitten werden, darüber hinaus sollte an beiden Stammenden ein rechtwinkliger sauber ausgeführter Trennschnitt vorgenommen werden. Äußerlich erkennbare Merkmale wie Äste unter Beulen, überwallte Risse, Schälsschäden und ähnliches sind freizulegen und zu beurteilen. Dies sollte auch erfolgen, wenn die Merkmale nur vermutet werden. Nur in Ausnahmefällen sind die Regeln der RVR nicht anzuwenden, dazu gehört das Aushalten von

regionalen Rundholzsortimenten, welche eigenen Sortierkriterien unterliegen. In diesen Fällen müssen individuelle Vereinbarungen getroffen werden (DFWR & DHWR, 2023).

In der Literatur fallen oft die Begriffe Qualitätsholz und Wertholz. Oftmals sind vor allem in der Agroforstwirtschaft die Kriterien dafür wenig bekannt. Von Qualitätsholz spricht man, wenn Stammholz vorliegt, welches mindestens der Qualitätsklasse B entspricht und demzufolge homogene Holzeigenschaften aufweist, welche es für die jeweilige Verwendung auszeichnen. Dabei sollten bei Nadelholz mindestens Dimensionen von 2a bis 3a erreicht werden, was bei den jeweiligen Mittendurchmessern von 20-34 cm einem BHD von 35-45 cm entspricht. Bei Laubholz wird Qualitätsholz bereits in wesentlich kleineren Dimensionen ab Stärkeklassen 1a und 1b (10-15 cm) gehandelt. Dabei sind geringfügige Fehler zugelassen, sofern sie nicht einer großen Ausbeute an Schnittholz im Wege stehen. Die folgende Auflistung geht auf weitere Gütemerkmale im Einzelnen ein und ist aus Bartsch et al. (2020), S. 345 f. übernommen.

- geringe Exzentrizität der Markröhre
- weitgehendes Fehlen von Reaktionsholz (v. a. Druck- oder Rotholz bei Nadelbäumen), das meist mit einer Exzentrizität der Markröhre verbunden ist; es beeinträchtigt stark das Schwind- und Trocknungsverhalten und damit die Dimensionsstabilität des Schnittholzes
- geringer Drehwuchs (wichtig bei Schnittholz, weniger bei Furnierholz)
- wenige, gesund überwallte Rindennarben nach Buchenschleimfluss
- Risse: radiale Trockenrisse können für einzelne Verwendungsbereiche akzeptiert werden; bei Schnittholz für tragende Funktionen sind Blitz- und Frostrisse sowie Ringschäle nicht zugelassen
- geringe, einschnürige Krümmungen: stärkere Krümmungen beeinträchtigen dagegen die Einteilung der Rundholzblöcke und verringern die Ausbeute
- geringe Abholzigkeit: sie erfordert eine verhältnismäßig hohe Bestandesdichte und lässt sich durch Bestandespflegeeingriffe steuern
- geringe Ovalität des Stammquerschnittes
- weitgehendes Fehlen von Wimmerwuchs (welliger Faserverlauf und ungleichmäßiger Jahrringverlauf, z. B. bei Buche)
- keine Faulstellen (z. B. durch Wurzel- oder Stammschäden beim Rücken) in der Wertholzschicht: Fäule, die sich auf den ohnehin fehlerhaltigen Kern beschränkt, kann dagegen für viele Verwendungsbereiche akzeptiert werden
- nicht zu breite Jahresringe: für die Festigkeit und auch für die Furnierfähigkeit ist dieses Merkmal aber nicht so entscheidend wie Äste und andere Faserabweichungen; für Spezialzwecke, wie z. B. Klangholz der Fichte, werden dagegen sehr hohe Anforderungen an schmale und gleichmäßige

(siehe nächster Punkt) Jahresringe gestellt

- gleichmäßiger Jahrringaufbau ohne sprunghaften Wechsel der Jahrringbreite (wichtiger als das Auftreten von sehr breiten Jahrringen an sich, ist aber offenbar damit gekoppelt)
- geringer Anteil an juvenilem Holz: das im Zentrum des Stammes, in unmittelbarer Nähe der Markröhre, gebildete Holz ist gekennzeichnet durch breite Jahresringe mit anormalen Eigenschaften; kommt bei Laub- und Nadelholz vor und kann im ungünstigsten Fall bis zu 10 Jahresringe umfassen
- hoher Anteil obligatorischer (echter) Farbkerne und geringe Splintholzanteile: dies lässt sich bei Eiche, Douglasie und Lärche unter den üblichen Wachstumsbedingungen leicht erreichen, nicht dagegen bei der Kiefer; da bei ihr die Verkernung erst in einem relativ hohen Alter beginnt (Kambialalter ca. 40–50 Jahre), weisen auch starke Wertholzkiefern meist einen hohen Splintholzanteil auf, der besonders für die Holzverwendung im Außenbereich (z. B. als Fensterholz) nachteilig ist
- geringe fakultative Farbkerne (Falschfarbkerne, durch abiotische oder biotische Faktoren (z.B. Verletzungen, Pilze) ausgelöst, u. a. Rotkern bei Buche, Braunkern bei Esche); die physikalischen und mechanischen Holzeigenschaften sind zwar nicht verändert, dennoch werden sie im Holzmarkt aus überwiegend ästhetischen Gründen deutlich geringer als helles Holz bewertet

Nur das Qualitätsholz, welches der Klasse A entspricht, wird als Wertholz bezeichnet. Dazu gehören die Sorten Furnierholz, Teilfurnierholz, Schneide- und Schälholz, Teilschneide- und Teilschälholz und Stammwerkholz. Letzteres ist ausschließlich Fichten- und Tannenholz mit Mindestdurchmessern von 35 cm und wird als Klangholz im Musikinstrumentenbau und für hochwertige Holzwaren eingesetzt. Um als Wertholz klassifiziert zu werden, müssen die Stämme astfrei sein, dies stellt das wichtigste Qualitätsmerkmal dar. Um als Wertholz gehandelt zu werden, müssen darüber hinaus je nach Baumart bestimmte Mindestmittendurchmesser erreicht werden (siehe Tabelle 9). Diese Vorgaben sind marktüblich, können aber je nach Kunde etwas abweichen. Trotzdem sollte in der Wertholzerzeugung das Augenmerk auf diese Zielgrößen gelegt werden, da die aufgeführten Werte die untere Grenze des von der Holzverwertung als optimal angesehen Dimensionsbereiches darstellen. Wichtig ist außerdem, dass die meisten Laubbaumarten erst ab Stärkeklasse 5 als Wertholz eingeordnet werden können. Alle Durchmesser darunter sind, egal wie die Stammqualitäten ausfallen, im besten Fall als B-Holz zu klassifizieren. Ausgenommen hiervon sind u.a. die Wildobstarten wie Wildbirne, Wildapfel und Eberesche, da ihre maximal erreichbaren BHDs unter der Stärkeklasse 5 liegen. Diese Klassifizierung sagt nicht unbedingt etwas über mögliche Preise aus, da bei astfreien, gepflegten Schäften die Preise auch deutlich über denen der Klasse B liegen können (Bartsch et al., 2020; DFWR & DHWR, 2023).

Tabelle 9 Marktübliche Anforderungen an Wertholzabschnitte der wichtigsten Baumarten

Baumarten	Mindestmittendurchmesser d. Wertholzerdstammstücks ohne Rinde (cm)	Daraus abgeleiteter Mindest-BHD mit Rinde (cm)	Maximalwert der durchschnittlichen Jahrringbreite d. verwertbaren Stammquerschnitts (mm)
Traubeneiche, Stieleiche	65	75	3
Buche	55	60	unbegrenzt
Esche, Bergahorn	55	62	3
Fichte, Weißtanne	45	50	4
Kiefer	40	47	4
Douglasie	55	65	6
Lärche	45	60	4

Quelle: Bartsch et al. (2020)

In der RVR sind die artspezifischen Qualitätsansprüche bei den Laubbäumen nur für die Baumarten Buche und Eiche definiert. Es wird darauf verwiesen, dass die Klassifizierung der anderen Laubbaumarten analog dazu empfohlen wird. Die österreichische Forstverwaltung hat in ihren Holzhandelsusancen auch für die Edellaubhölzer artspezifische Qualitätsansprüche an die Holzmerkmale formuliert. Diese sind im Anhang 7 zu finden. Dabei

ist wichtig zu beachten, dass die dort angegebenen Durchmesser und Längen in Deutschland nicht angewandt werden können, es sollen lediglich die Holzmerkmale als Orientierung für die Klassifizierung der Edellaubhölzer herangezogen werden (DFWR & DHWR, 2023; Wall et al., 2015).

4.3.2 Preisentwicklung Wertholz

Die Entwicklungen im Bereich Wertholz sind sehr schwankend und nachfrageabhängig und daher schwer pauschalisierbar, vor allem wenn Einzeljahre und nur die erzielten Spitzenpreise betrachtet werden. Diese sind oftmals um ein Vielfaches höher als die durchschnittlichen Erlöse der jeweiligen Baumart. In Abbildung 16 ist die Entwicklung der Preise und Liefermengen der Wertholzsubmission Rheinland ersichtlich. Dabei lässt sich deutlich erkennen, dass die Eiche die mit Abstand sowohl mengenmäßig am meisten gehandelte sowie gleichzeitig die Baumart ist, welche die höchsten Erlöse erzielt. Die anderen Baumarten machen nur einen geringen Teil der Menge aus und die Preise liegen allesamt deutlich darunter. Beim Vergleich der Preisgraphen fällt auf, dass einzig die Eiche wertstabil erscheint und im Laufe der letzten 10 Jahre von Jahr zu Jahr deutlich an Wert zunimmt. Die anderen Baumarten unterliegen im gleichen Zeitraum teilweise preislichen Schwankungen im 100 %-Bereich, bei Betrachtung der aufeinanderfolgenden Jahre (forstwirtschaft-in-deutschland.de, 2024).

In einer Erhebung über den Handel von selten angebaute Baumarten, bei der Submissionen im Zeitraum von 10 Jahren verglichen wurden, fiel auf, dass nicht nur die Holzqualität, sondern auch der Ort der Submission eine große Rolle für die erzielbaren Preise spielt (BW, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg - FVA, 2024b).

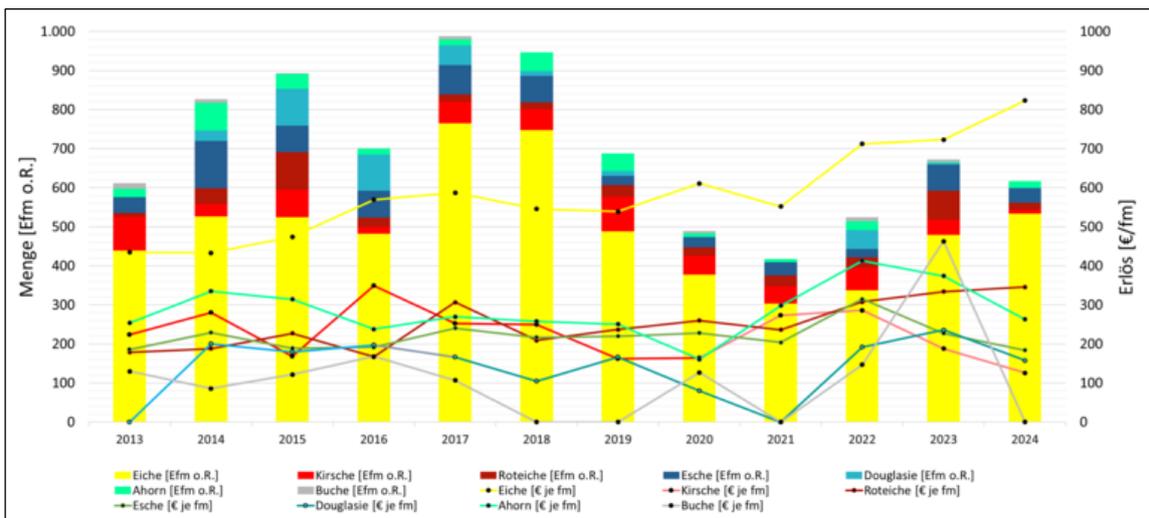


Abbildung 16 Liefermengen und Durchschnittspreise der Wertholzsubmission Rheinland 2013-2024

Um einen Überblick über die aktuellen Submissionspreise zu erhalten, sind in den Anhängen 8 und 9 die Auswertungen von 12, bzw. 13 Submissionen aus den Jahren 2023 und 2024 zu sehen. Diese wurden auf Grundlage der veröffentlichten Submissionsergebnisse erstellt. Der durchschnittliche Preis für alle Laubhölzer ohne die Eichenarten lag 2023 bei 291,45 €/Fm und 2024 bei 252,98 €/Fm. Im Vergleich dazu wurden die Nadelhölzer 2023 im Schnitt mit 233,39 €/Fm und 2024 mit 281,00 €/Fm gehandelt. Von einigen dieser Submissionen gibt es Ergebnislisten, die bis zu 10 Jahre zurückreichen, aus denen wurden die in Tabelle 10 ersichtlichen Durchschnittsergebnisse errechnet. Für die Baumarten Schwarznuss, Walnuss, Wildapfel, Wildbirne, Ulme, Linde, Hainbuche, Feldahorn wurden die Daten aus den oben genannten Untersuchungen verwendet. Spitz- und Feldahorn werden zu Ahorn zusammengefasst, da in einigen Submissionen die Arten nicht einzeln ausgewiesen wurden. Darüber hinaus waren die Arten Eberesche (1x), Elsbeere (2x) und Erle (4x) nur auf einzelnen Submissionen vertreten, sodass hier die Daten zu gering sind und die Preisspanne teilweise zu groß ist, um eine fundierte Preisangabe machen zu können. Dennoch sind sie für eine grobe Einschätzung in der Tabelle aufgeführt, sie werden allerdings bei der Durchschnittsberechnung nicht mit einbezogen. Bei der Gesamtbetrachtung zeigt sich, dass die Werte aus 2023 und 2024 nur geringfügig von den Durchschnittswerten der Übersichten und der Daten der Forstlichen Versuchsanstalt abweichen.

Tabelle 10 Durchschnittliche Wertholzerlöse auf Submissionen nach Baumarten

Baumart	Ø (€/Fm)	Baumart	Ø (€/Fm)	Baumart	Ø (€/Fm)
Ahorn	284	Wildapfel	282		<i>Zu selten angeboten</i>
Vogelkirsche	209	Wildbirne	285	Eberesche	333 (Einzelpreis)
Esche	241	Linde	133	Elsbeere	307/639
Schwarznuss	513	Hainbuche	106	Erle	61 - 265 (4x)
Walnuss	483	Birke	119		
Ulme	371	Feldahorn	98		
Douglasie	183	Lärche	219		
<i>Durchschnitt Laub:</i>	<i>260</i>	(ohne Eberesche, Elsbeere, Erle)			
<i>Durchschnitt alle:</i>	<i>252</i>	(ohne Eberesche, Elsbeere, Erle)			

Quelle: eigene Darstellung mit Werten aus Submissionen (Quellen siehe Methodikteil)

4.4 Vergleich Wertholzerzeugung der Agroforstwirtschaft und der Forstwirtschaft

Bei der Gegenüberstellung der derzeit empfohlenen Anbaupraxis für Wertholz in Agroforstsystemen und der Wertholzerzeugung in der Forstwirtschaft ergeben sich teilweise deutliche Unterschiede, welche mit den eventuell daraus resultierenden Problemen in Tabelle 11 dargestellt sind.

Tabelle 11 Gegenüberstellung Wertholzerzeugung der Agroforstwirtschaft und der konventionellen Forstwirtschaft mit eventuell daraus resultierenden Problemen

	Agroforstwirtschaft	Forstwirtschaft	Eventuelle Probleme der Wertholzerzeugung im Agroforst
Baumartenwahl	- Ausschließlich Laubholzarten	- Laub- und Nadelholz	- Keine Literatur gefunden, die das Nichtanpflanzen von Nadelholz begründet
Pflanzung	- Große Sortimente - Aufwendige, zeitintensive Pflanzmethode	- Kleinere Sortimente - Schnellere Pflanzung - Weniger Ausfälle	- Ausfälle durch zu große Sortimente wahrscheinlicher - Keine Wachstumsvorteile ggü. kleineren Sortimenten - Hohe Pflanzkosten
Pflanzabstände	- Auf Endabstand zur Hiebsreife (ca. 15 m)	- Je nach System unterschiedlich (Maximalwert als Einschätzung?)	- Wenig Bäume pro ha - Viel ungenutzter Raum zwischen den Bäumen
Wertastung	- Bis zu 7 Astungen in 15-20 Jahren - Keine natürliche Astreinigung möglich - Freie Stämme → Wasserreiser/ Klebäste	- 3 Astungen in 20 Jahren - Arbeitserleichterung durch natürliche Astreinigung - Stammbeschattung → geringe Anfälligkeit für Wasserreiser	- Sehr hohe Kosten für Astungen - Größere Holzfehler, da Äste nicht natürlich reinigen - Hohes Risiko für Wasserreiser und Klebäste
Holzqualität	- Große Jahrringbreiten - Schnelles Wachstum	- Enge Jahrringbreiten - Langsames Wachstum	- Wenig Literatur zu Jahrringbreite als Qualitätsmerkmal - Je nach Baumart schlechtere physikalische Eigenschaften
Erwartbare Holzerlöse	- Laut Literatur hoch (400-800 €/fm)	- Nach Betrachtung der Submissionen im Mittel bei 260 € (ohne Eiche)	- Mit großer Wahrscheinlichkeit niedrigere Erlöse als bisher angenommen - Was ist wirklich erzielbar?

Quelle: Eigene Darstellung

5 Auswertung der Experteninterviews

5.1 Qualitätskriterien Rohholzeinkauf für Furnierproduktion

Da zu den Furnierqualitäten als höchste Qualitätsstufe in der Literatur keine Angaben zu finden waren, wurden direkt Furnierfirmen befragt, was ihre Ansprüche sind. Dabei war das Hauptmerkmal die Jahrringbreite, diese sollte gleichmäßig und möglichst gering sein. Sie ist gleichzeitig entscheidend für die Preisgestaltung. Außerdem wurden von allen Firmen saubere Schaftlängen und Astfreiheit hervorgehoben. Die Qualitätsansprüche sind je nach Baumart unterschiedlich, so werden bei Kirsch- und Nussholz auch etwas breitere Jahrringe akzeptiert. Leo Weyherter von Schorn und Groh sagte, dass nur 1 % des in Deutschland erzeugten Holzes der Klasse A angehört, von dem nur ein Bruchteil in die Wertholzproduktion geht. Martin Riedmann vom Furnierwerk Fritz Kohl meinte, dass gute Furnierstämme nur in geschlossenen Beständen wachsen. Über die möglichen Qualitäten aus Agroforstsystemen und die Verwendbarkeit dieses Holzes herrschte unter allen Befragten die Einigkeit, dass keine Furnierqualitäten erzeugt werden können. Keine Firma hätte Interesse, Holz aus diesen Erzeugungen zu erwerben. Hauptgrund ist die zu schnelle Umtriebszeit und dadurch viel zu breiten Jahrringe. (Felix Schröder, Geschäftsführer Furnierwerk Prignitz, Persönliche Mitteilung, 8. Juni 2024; Heinrich Wehmeyer, Geschäftsführer Furnierwerk Wehmeyer, Persönliche Mitteilung, 6. Juni 2024; Niklas Frerk, Sägewerk Fehrensens Rundholzeinkauf, Persönliche Mitteilung, 4. Juni 2024)

5.2 Situation auf dem Holzmarkt

Im Moment ist auf dem Wertholzmarkt laut den Befragten nur Eiche gefragt. Buntlaubhölzer haben fast keinen Markt und werden von den Firmen nur gelegentlich auf Submissionen erstanden, wenn sehr gute Qualitäten vorliegen. Laut Weyherter und Hanke gibt es derzeit eine hohe Nachfrage nach qualitativ hochwertigem Schnittholz, da dieses nur selten auf dem Markt zu finden ist. Weyherter gab den Tipp, das Holz am besten submissionsunabhängig zu vermarkten. Dabei liegen die Gründe zum einen bei den Submissionen selbst. Denn die erzielten Preise hängen meist mehr vom Submissionsort als von der Holzqualität ab. Dies liegt vor allem daran, dass bei großen Versteigerungen viele Einkäufer anwesend sind und es je nach Sortiment und der aktuellen Auftragslage der Firmen auch bei niederen Qualitäten zu Bietergefechten kommen kann. Dies verzerrt die Durchschnittspreise. Er sieht bei den minderen Qualitäten aus der Agroforstproduktion die Gefahr, dass diese als „Ramschware“ angesehen werden könnten und dementsprechend schlechte Preise gezahlt werden könnten. Allerdings betonen alle, dass die Nachfragen sich in den nächsten 80 Jahren sicher ändern

werden, da Märkte immer einem Wandel unterliegen. Sie gehen aber nicht davon aus, dass sich die Qualitätsansprüche der hochwertigen Holzverarbeitung ändern werden.

5.3 Empfehlungen für die Agroforstwirtschaft

Alle drei empfehlen, nicht mehr damit zu werben Furnierqualitäten zu erzeugen, denn dies entspräche nicht der Realität. Sie sehen ein großes Potential in der Erzeugung von hochwertigem Sägerundholz. Allerdings sollte das Wachstum verlangsamt werden, da sonst auch die physikalischen Eigenschaften leiden und trotz der Astfreiheit das Holz laut Weyherter und Hanke sogar in Klasse B einsortiert werden könne. Hanke sieht in den weiten Anbauten vor allem bei der Kirsche ein Wasserreiserproblem, was vom Pflegeaufwand in keinem Verhältnis zu den erzielbaren Preisen stehe. Daher sollten die Systeme mehr auf Konkurrenz setzen, da dadurch höhere Holzqualitäten erzeugt werden könnten. Hanke rät, Hainbuche als dienende Baumart einzusetzen und später aus dem System zu entfernen, um ein gutes Wachstum der Werthölzer zu gewährleisten. Alle drei raten dazu, Nuss- und Kirschholz anzubauen, da hier große Nachfragen nach Sägeholz bestünden. Darüber hinaus ist Hanke der Meinung, dass auf jeden Fall Nadelhölzer in die Systeme integriert werden sollten, denn sie haben neben ihrer Schmalkronigkeit den Vorteil, dass gutes Nadelholz immer gefragter wird und mittlerweile die gleichen Preise auf Submissionen erzielt wie Buntlaubholzsortimente. Er würde dabei vor allem auf Douglasie, Hybridlärche und Große Küstentanne setzen. Er gibt noch weitere Artempfehlungen und rät, auch die Integration von Baumhasel, Maserbirke und Palownia zu versuchen.

Zusammenfassend sollten laut den Experten die Systeme enger gepflanzt, waldähnlicher gestaltet und die Umtriebszeiten verlängert werden.

6 Entwurf eines neuartigen Konzeptes von Wertholzsystemen im Agroforst

In der vorliegenden Arbeit wird auf Grundlage der vorangegangenen Kapitel ein neues Design der Gehölzstreifen betrachtet und nach der ökonomischen Machbarkeit ausgewertet.

6.1 Diversifizierung der Baumarten

Das bereits aufgeführte Portfolio der möglichen Baumarten kann mit weiteren Baumarten erweitert werden. Dabei sollten vor allem Arten im Fokus stehen, die als an den Klimawandel angepasst gehandelt werden und gutes Wertholz in vergleichsweise kurzen Umtriebszeiten hervorbringen können. Grundlage hierfür sind neben den Empfehlungen aus den Interviews die Artensteckbriefe der FVA-Baden-Württemberg, welche für klimawandelrelevante Baumarten erstellt wurde. Darüber hinaus wird mit dem Blauglockenbaum eine Art betrachtet, welche gerade unter den Agroforstexperten rege diskutiert wird und im Moment noch auf der Negativliste steht und keine Anbauwürdigkeit besitzt. Weitere hier genannte Arten stehen ebenfalls auf der Negativliste für Agroforst, diese wurde 2022 von den Naturschutzbehörden im Zuge der neu eingeführten GAP-Förderung für Agroforstanbau herausgegeben. Dabei wurden hauptsächlich Arten aufgenommen, welche als (potenziell) invasiv eingeordnet werden. Mit den Arten Maserbirke und Hybridlärche werden Arten aufgenommen, die in den Expert:innengesprächen empfohlen wurden (Avila & Albrecht, 2017; Frenzel, Isabell, Paeslack, Philipp, 2023).

6.1.1 Laubbäume

6.1.1.1 *Castanea sativa* (Edelkastanie)

Die Edelkastanie, besser als Ess-Kastanie bekannt, kommt vor allem in Südeuropa, Nordafrika und Kleinasien vor. Es gibt bereits vielfache Erfahrung im forstlichen Anbau, welcher sich bisher auf die Gebiete mit Weinbauklima beschränkt (Avila & Albrecht, 2017; Pirc, 2012).

Ihre Standorte sind vor allem kalkarme Böden, welche mindestens Tiefen von 40-60´cm bis zum Grundgestein aufweisen müssen. Da *C. sativa* sehr lichtbedürftig ist, sollten die Verhältnisse sonnig bis maximal halbschattig sein. Die Bäume sind nur mäßig frosthart, aber gut hitze- und trockenheitsverträglich und kommen bereits mit Niederschlägen von 400 mm/Jahr zurecht. Nasse Standorte werden dagegen schlecht vertragen. Die Böden sollten nährstoffreich sein und mindestens einen Humusgehalt von 2 % aufweisen, dabei sind vor allem relativ hohe K- und P- Gehalte wichtig. Neben den bereits erwähnten kalkhaltigen Böden

sind auch zu hohe Tongehalte ungeeignet (Avila & Albrecht, 2017; Pirc, 2012; WUH, Landesbetrieb Wald und Holz NRW -, 2024a).

Die Esskastanie ist eine raschwüchsige Baumart. Vor allem die Entwicklung bis zum Alter von 10 Jahren ist bemerkenswert, denn es werden Höhen von 8,4-10,4 m erreicht, allerdings nehmen ab einem Alter von 15 Jahren die Zuwächse deutlich ab. Im Dickenwachstum erreichen die Bäume bereits nach 50 Jahren die Hiebsreife bei einem BHD von 45 cm. Aufgrund der Holzqualität ist besonderer Wert auf gleichmäßige Jahrringentwicklung zu legen, wobei diese nicht unter 4 mm/Jahr liegen sollte. Grund ist, dass die Edelkastanie zu Ringschäle neigt. Dabei reist das Holz durch Spannungen entlang der Jahrringe ringförmig auf. Nach Auswertung von Kastanienbeständen ist fast jeder dritte Baum davon betroffen. Allerdings treten die Schäden ab einem Alter von über 40 Jahren viel seltener auf, somit ist vor allem in den ersten Jahrzehnten ein Augenmerk auf die Pflege zu legen. Die Bäume erreichen Höhen von 30 m und bilden besonders breite Kronen von 20 m Durchmesser aus. Die Äste reagieren empfindlich auf Beschattung und sterben ab, sodass nur Totästung notwendig ist, dabei bilden sich natürlich bereits nach 10-15 Jahren bis zu 7 m astfreie Stämme aus (Avila & Albrecht, 2017; Forstpraxis, 2014; Pirc, 2012; WUH, Landesbetrieb Wald und Holz NRW -, 2024a).

Das im Kern dunkelbraune und im Splint helle Holz findet vielfach Verwendung, schwache Sortimenten werden gerne als Rebpfähle nachgefragt, weil das Holz im Außenbereich sehr beständig ist. Starke Sortimenten finden in der Möbel- und Furnierindustrie und sogar im Schiffsbau Anwendung (Avila & Albrecht, 2017; WUH, Landesbetrieb Wald und Holz NRW -, 2024a).

6.1.1.2 *Corylus colurna* (Baumhasel)

Im Vergleich zu den bei uns bekannten Haselnusssträuchern wächst die artverwandte Baumhasel, welche vor allem in Südost-Europa, bis Kleinasien und in Ausläufern bis in den Himalaya vorkommt, zu stammbildenden Bäumen heran. Dabei tritt sie vereinzelt bestandsbildend in den Wäldern auf. Die Art wurde in den letzten Jahrhunderten in den Ursprungsgebieten übernutzt (Avila & Albrecht, 2017; LWF, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft -, 2024a).

Aufgrund ihres ausgedehnten Verbreitungsgebietes weist sie eine große Amplitude bei den klimatischen Standortansprüchen aus. So werden Temperaturen von -38° C bis 40° C ertragen und die Vorkommen liegen auf 200 bis 2000 m ü. NN, dabei sollten die jährlichen Niederschläge mindestens 540 mm betragen. *C. colurna* hat keine Ansprüche an die Nährstoffversorgung, kommt auf trockenen bis mäßig frischen Böden vor und hat eine gute

Kalk- und Toleranz. Nur staunasse Standorte sind ungeeignet (Avila & Albrecht, 2017; Pirc, 2012).

Die Baumhasel hat ein rasches Jugendwachstum, die größten Wuchsleistungen liegen im Alter von 20-40 Jahren und sind mit denen der Hainbuche vergleichbar. Sie ist eine mittelgroße Baumart und erreicht Höhen von 15-18 m. Dabei werden eher schmale Kronen von 8-12 m gebildet. In den Herkunftsgebieten wurden in Mischbeständen auch Höhen von bis zu 35 m festgestellt. In Anbauversuchen in Deutschland wurden sehr unterschiedliche Wuchsleistungen unter den verschiedenen Provenienzen festgestellt, sodass noch keine endgültigen Herkunftsempfehlungen gemacht werden können. Dennoch wurde eine allgemeine Anbauempfehlung gegeben, welche allerdings wissenschaftlich begleitet werden sollte. Das Holz ist in den Herkunftsgebieten sehr gefragt und wird als Bau-, sowie Möbelholz eingesetzt und bietet darüber hinaus einen sehr guten Brennwert. Allerdings wird es in Europa nicht gehandelt, da es keine nutzbaren Bestände mehr gibt. Wenn einzelne Stämme auf dem Markt auftauchen, werden sie unter dem Namen „türkisch Nuss“ vermarktet (Avila & Albrecht, 2017; Janßen & Šeho, 2021; LWF, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft -, 2024a; Pirc, 2012).

6.1.1.3 *Liriodendron tulipifera* (Tulpenbaum)

Der Tulpenbaum gehört zu einer der wichtigsten Wirtschaftsbaumarten im Osten der USA. Die Baumart, welche bis in die Kreidezeit auch in Europa vorkam, wurde bereits im 18. Jahrhundert wieder in Europa eingeführt und es erfolgten die ersten Anbauversuche. *L. tulipifera* wächst vornehmlich auf tiefgründigen, frischen Böden und hat hohe Ansprüche an die Nährstoffversorgung, da vor allem Defizite in der Stickstoff- und Phosphorverfügbarkeit rasch zu Wuchsdepressionen führen können. Schwachsaure Standorte haben sich als ideal erwiesen. Trockene Standorte und Staunässegebiete sind zu vermeiden. (Avila & Albrecht, 2017; Pirc, 2012; WUH, Landesbetrieb Wald und Holz NRW -, 2024b).

L. tulipifera bildet ein tiefreichendes Herzwurzelsystem, welches sehr weit ausgebreitet ist und daher einen vergleichsweise großen Wurzelraum einnimmt. Im Jugendalter wird rasch eine Pfahlwurzel gebildet. Das gesamte System ist sehr fleischig und reagiert empfindlich auf jedwede Eingriffe (WUH, Landesbetrieb Wald und Holz NRW -, 2024b).

Als Pionierbaumart liegen die Wuchsspitzen vor allem in Jugendphase und nehmen später ab, kulminieren allerdings mit 40-50 Jahren recht spät. Die Bäume werden bis zu 35 m hoch und bilden dabei 15-20 m breite Kronen aus. Bemerkenswert ist die natürliche Ausreinigung, sodass in den Herkunftsgebieten bis zu 20 m lange, astfreie Stammabschnitte anzutreffen sind. Darüber hinaus ist sie in der Gradschaftigkeit sogar der Fichte überlegen. Durchforstungen sollten erst ab einem Alter von 20 Jahren erfolgen, weil bis dahin eine

Neigung zur Wasserreiserbildung besteht, sobald die Stämme zu sehr bestrahlt werden. Die gute Ausformung und perfekte Astfreiheit zeichnet die Baumart für die Möbel und Furnierholzindustrie aus. Sie ist mittlerweile das zweitwichtigste Exportlaubholz der USA. Große Nachfrage besteht auch im Instrumentenbau mit Schwerpunkt auf Klaviere und Orgeln (Avila & Albrecht, 2017; Pirc, 2012; WUH, Landesbetrieb Wald und Holz NRW -, 2024b).

6.1.1.4 *Ostrya carpinifolia* (Europäische Hopfenbuche)

Die Hopfenbuche gehört, wie die Hainbuche, anders als der Name vermuten lässt zur Familie der Birkengewächse. Hauptverbreitungsgebiete sind in Südeuropa, Kleinasien und im Kaukasus, die Hauptverbreitung ist im östlichen Mittelmeerraum. Sie ist besonders geeignet für felsige Standorte und benötigt im Gegensatz zu ihrer nahen Verwandten der Hainbuche weniger Niederschläge, aber höhere Nährstoffgehalte. Sie kommt von 200 m bis 1200 m ü. NN vor und benötigt 500 mm und mehr Niederschlag für optimales Wachstum. Sie ist sehr anpassungsfähig und kann auch auf kalkhaltigen Substraten und auf sehr trockenen und nährstoffarmen Böden gedeihen (Avila & Albrecht, 2017; Forstzeitung, NaN; Pirc, 2012; Vereinigung der Waldaufseher & Tirols, 2024a, 2024b).

Als Pionier- und Halbschattenbaumart sind ihre Wuchseleistungen vor allem in den ersten Jahrzehnten hoch und kulminieren im Alter von 20-30 Jahren. Insgesamt bleiben die Bäume eher mittelgroß und wachsen zu Höhen von bis zu 15 m heran, dabei bildet sie rundliche Kronen von 8-12 m Breite. Das Holz wird meist als Brennholz vermarktet, obwohl es sehr gute physikalische Eigenschaften aufweist. Aufgrund seiner extremen Härte und Schwere wird es im englischsprachigen Raum auch als „iron-wood“ (Eisenholz) bezeichnet und wurde für die Anfertigung von Werkzeugstielen, Hobeln und für den Holzzahnradbau eingesetzt (Avila & Albrecht, 2017; Forstzeitung, NaN; Pirc, 2012; Vereinigung der Waldaufseher & Tirols, 2024a, 2024b).

6.1.1.5 *Robinia pseudoacacia* (Robinie)

Die Robinie wird heute schon in der Forstwirtschaft teilweise angebaut und kommt in der Landwirtschaft in Form von Kurzumtriebsplantagen (KUP) zum Einsatz, sie zählt weltweit zu den Baumarten mit der größten Plantagenanbaufläche. Ursprünglich stammt der Baum aus dem östlichen Nordamerika und wurde schon im 17. Jahrhundert nach Europa eingeführt. Allerdings spielt sie bei uns in der Forstwirtschaft eine eher untergeordnete Rolle. In anderen Teilen Europa ist dies anders, so macht die Robinie in Ungarn knapp 20 % der Waldfläche aus (Bemann & Knust, 2010; BFW, Bundesforschungszentrum für Wald -, 2024b; Pirc, 2012).

Abgesehen von einem hohen Lichtbedarf ist die Robinie sehr anspruchslos. Sie benötigt keine besonderen Boden- und Nährstoffverhältnisse und kommt auch mit Trockenheit zurecht. Nur

sehr kalkhaltige Standorte und schwere, undurchlässige und nasse Böden sind ungeeignet (BFW, Bundesforschungszentrum für Wald -, 2024b; Pirc, 2012).

Das Wurzelsystem stellt eine Besonderheit dar, in der Jugend wird eine Pfahlwurzel angelegt, welche in späteren Jahren rübenartig verholzt, zudem werden starke horizontal Wurzeln gebildet, die ein sehr weitreichendes Wurzelsystem bilden. Darüber hinaus ist die Robinie eine Leguminose, somit kann durch Knöllchenbakterien an den Wurzeln Luftstickstoff gebunden werden (BFW, Bundesforschungszentrum für Wald -, 2024b; Pirc, 2012).

Die Wuchsleistungen sind beachtlich, vor allem in der Jugendentwicklung. So erreichen die Bäume bereits nach 5 Jahren Höhen von bis zu 10 m und einen BHD von 9,5 cm. Das Höhenwachstum kulminiert, ähnlich wie bei anderen Lichtbaumarten. mit 15-20 Jahren. Bereits nach 50-60 Jahren lassen Zuwächse und Vitalität der Bestände stark nach. Es werden Gesamthöhen von 20-25 m erreicht und lockere, 12-15 m breite Kronen gebildet. Das Holz ist eines der widerstandsfähigsten auf dem europäischen Markt und wird als einziges in die Dauerhaftigkeitsklasse 1 eingeordnet. Außerdem übertrifft es in seinen technischen Eigenschaften sogar die Eiche (Bemmann & Knust, 2010; BFW, Bundesforschungszentrum für Wald -, 2024b; Pirc, 2012).

Die Robinie steht auf der Negativliste für die GAP-Förderung für Agroforstsysteme, somit sind Systeme mit Robinie nicht förderfähig. Dies hat mehrere Gründe. Zum einen wird die Stickstoffbindung kritisch gesehen, denn das dadurch veränderte Nährstoffangebot hat erheblichen Einfluss auf die Begleitvegetation und kann diese schädigen und ihre Artzusammensetzung verändern. Außerdem wird eine große Anzahl an Wurzelbrut gebildet, welche nach der Ernte der Bäume deutlich zunimmt und sich eine Ausbreitung nur schwer unterdrücken lässt. Aufgrund dieser Besonderheiten ist sie auch in der Forstwirtschaft nicht unbestritten (BFW, Bundesforschungszentrum für Wald -, 2024b; Frenzel, Isabell, Paeslack, Philipp, 2023).

6.1.1.6 *Paulownia tomentosa* (Blauglockenbaum)

Der Blauglockenbaum stammt ursprünglich aus China und wird dort als Nutzholz angebaut. In Japan hat das Holz die auch bei uns bekannte Handelsbezeichnung Kiri-Holz. *Paulownia* wächst auf nahezu allen Standorten und ist sehr anspruchslos, er zeigt stets sehr gute bis gute Wuchsleistungen (Kevin Schlotmann, 2024; LWF-Bayern, 2024c; Pirc, 2012).

Die Wuchsleistungen sind überragend und die Bäume erreichen bereits nach 15-20 Jahren Höhen von 20 m und sind erntereif. Bereits nach 10 Jahren liegen die durchschnittlichen BHDs bei 35-40 cm. Somit lässt sich in 20 Jahren 1 fm Stammholz pro Baum produzieren. Dabei ist das Holz vielseitig verwendbar und kann sowohl für energetische Zwecke als auch als

Sägeholz für die Möbelproduktion eingesetzt werden. Das Holz ist deutlich leichter als das der Fichte, weist dabei allerdings eine höhere Härte auf. Die Bäume erreichen Endhöhen von maximal 25 m und Durchmesser von bis zu einem Meter, aufgrund der extremen Schnellwüchsigkeit sind sie mit Höchstaltern von 60-70 Jahren eher kurzlebig (Genser, 2019; Kevin Schlotmann, 2024; LWF-Bayern, 2024c; Pirc, 2012).

Die *Paulownia* weist eine besondere Wuchseigenschaft auf, denn sie verzweigt sympodial, das heißt die Terminaltrieb stirbt jährlich ab und wird durch eine der darunter liegenden Seitenknospen fortgeführt. Daher ist der Anbau sehr pflegeintensiv, denn in der Praxis wird zur Erhaltung eines geraden Stammabschnittes die Pflanze nach den ersten Wuchsjahren auf den Stock gesetzt und schiebt infolgedessen in der nächsten Vegetationsperiode einen über sechs Meter langen Trieb. Dieser dient als geradschaftiger, durchgehender Wertholzstamm und wird durch spätere Astung weiter erzogen. Bei Anbauversuchen der TU-München wurden einzelne Individuen mit monopodiale, also über die Terminalknospen weiter geführtes Wachstum, entdeckt. Ob sich diese selektieren lassen und dies eine vererbare Anlage ist, ist noch unbekannt (Genser, 2019; Kevin Schlotmann, 2024; LWF-Bayern, 2024c; Pirc, 2012).

Lange war unklar, ob sich die Art für den forstlichen Anbau in Deutschland eignet und ähnlich überragende Wuchsleistungen auch in unseren Breiten erreicht werden können. Daher wurde ab 2011 von der TU-München ein forstlicher Anbauversuch durchgeführt. Die Anbauten liefen über 10 Jahre und wurden daran anschließend ausgewertet. Dabei konnte gezeigt werden, dass unter Idealbedingungen die gleichen Wuchsleistungen wie im Ursprungsgebiet erreicht werden konnten, allerdings waren je nach Versuchsfläche trotz intensiver Pflege Ausfälle von bis zu 97% zu verzeichnen. Es fiel dabei auf, dass die Bäume extrem konkurrenzschwach gegenüber der Begleitvegetation reagieren. Daher ist die Art für den forstlichen Anbau nach den europäischen Waldbaupraktiken absolut ungeeignet. Allerdings wird ein Anbauversuch auf landwirtschaftlichen Flächen und die versuchsweise Integration in Agroforstsysteme von Seiten der Forschergruppe der TU-München empfohlen (Genser, 2019).

Die Naturschutzbehörden stufen die Art in die graue Liste ein, da der Grad der Invasivität noch ungeklärt ist, und raten im Moment von einem Anbau ab. Daher ist sie auf der Negativliste für Agroforstsysteme zu finden. Sie wird als möglicherweise invasiv angesehen, denn sie bildet ähnlich wie die Robinie Wurzelbrut aus und zudem sind die Samen sehr leicht und werden weit verbreitet, was ein unkontrolliertes Ausbreiten begünstigt. Da die Bäume bereits ab einem Alter von 7 Jahren fruktifizieren, kann dies zu einer sehr schnellen ungewollten Verbreitung führen (Frenzel, Isabell, Paeslack, Philipp, 2023; Kevin Schlotmann, 2024; LWF-Bayern, 2024c).

6.1.1.7 *Betula pendula* var. *Carelia* (Karelische Maserbirke)

Bei der bei uns heimischen Hänge-Birke (*Betula pendula*) tritt die Anomalie Maserbirke nur als Mutation und daher sehr selten auf. Bei der Karelischen Maserbirke ist diese Wuchsanomalie genetisch verankert. Sie kommt aus dem finnischen und baltischen Raum und wird dort auch in Plantagen mit Pappeln und Fichten kultiviert. Sie hat die gleichen Eigenschaften und Standortansprüche wie die bei uns heimische Sandbirke. Nur ihr Wachstum ist etwas langsamer und sie bleibt insgesamt kleiner. Äußerlich sind die Bäume fast nicht zu unterscheiden, aber im Holz liegt der große Unterschied, es zeigt eine einzigartige ungleichmäßige Maserung und ist dadurch äußerst wertvoll. Der Furnierhersteller Schorn & Groh bezahlt je nach Qualität pro Kilogramm zwischen 3 und 6 €, das entspricht Festmeterpreisen von 6.000-10.000 €. In der Schweiz gibt es seit 10 Jahren einen privaten Anbauversuch, der seit 2023 in Zusammenarbeit mit dem Schweizer Forst auf Waldstandorte ausgeweitet wurde. Das Pflanzgut ist im Moment nur schwer zu bekommen, nach Auskunft von Herrn Hanke von Hessenforst gibt es eine Vermehrung in Schweden von wo auch Pflanzgut bezogen werden kann. Bei dem Pflanzgut handelt es sich meist um Klone, da bei Sämlingsvermehrung nur etwa die Hälfte der Bäume die sehr hochpreisige Maserung aufzeigt. Von Seiten der Schweizer wird explizit ein, wenn auch versuchsweiser, Anbau in Agroforstsystemen empfohlen (Gattlen, 2024; maserplanten.ch, 2018; Merkt, 2023; Wessling, 2024).

6.1.2 Nadelbäume

Bei den Nadelhölzern wird ausschließlich die Hybrid-Lärche betrachtet, die in den Anbauempfehlungen aufgeführten Nadelbaumarten, die für den Klimawandel empfohlen werden, haben zu lange Umtriebszeiten, um im Agroforst eingesetzt zu werden oder es gibt noch zu wenige Erfahrungen im forstlichen Anbau, um aussagekräftige Angaben auch für die Agroforstwirtschaft treffen zu können (Avila & Albrecht, 2017).

6.1.2.1 *Larix x eurolepis* (Hybridlärche)

Die Art ist eine Hybridisierung der Europäischen und der Japanischen Lärche. Diese kommen auch natürlich vor, aber erst durch die Selektion kam es zu guten Sorten, welche sehr hohe Wuchseigenschaften zeigen. Sie hat die gleichen Ansprüche wie die europäische Lärche, zeigt aber wesentlich bessere Wuchseigenschaften, welche mit der Douglasie vergleichbar sind. Nur erreicht sie eine geringe Endhöhe von rund 40 m. Die Stammformen sind durchweg sehr gerade, was einen weiteren Vorteil gegenüber den beiden Mutterarten darstellt. Das Holz hat die gleichen Eigenschaften wie normales Lärchenholz und sie werden gemeinsam gehandelt (Bartsch et al., 2020; BFW, Bundesforschungszentrum für Wald -, 2024a; Forstpflanze, 2024; Glasauer, 2021).

6.2 Diversifizierung der Holzsortimente

Bisher wurde das Ziel anvisiert, Wertholz auf den Agroforststandorten zu erzielen. Daher kann es sinnvoll sein, auch weitere, bisher nicht genannte Sortimente zu erzeugen und dadurch die Deckungsbeiträge zu steigern und mögliche Schadereignisse und dadurch resultierende Wertverluste auszugleichen.

Diese Sortimente sind die, welche bereits in der Forstwirtschaft erzeugt werden und meist die Koppelprodukte der Qualitätsholzerzeugung darstellen. Daher können auch im Agroforstsystem durch eine verfrühte Ernte einzelner Bäume nach 20-40 Jahren, welche der Durchforstung der klassischen Forstwirtschaft entsprechen, weitere Sortimente ausgehalten und somit der Gesamterlös des Systems gesteigert werden. Dabei ist das Endziel, wie auch in der Forstwirtschaft, immer die Erzeugung von qualitativ bestmöglichem Wertholz. In dem hier betrachteten System wird das Hauptsortiment statt auf Furnierholz auf Sägerundholz gelegt.

6.3 Anlage des Systems

6.3.1 Baumarten

Neben den Standortfaktoren der betrachteten Beispielfläche spielen für die Baumartenwahl auch die Endhöhen und Kronendurchmesser eine Rolle. Daher werden diese in der folgenden Tabelle zusammengetragen. Dabei ist wichtig zu erwähnen, dass hier die durchschnittlichen Höhen und Breiten angenommen werden und nicht die unter Idealbedingungen maximal erreichbaren. Grund dafür ist, dass die Umtriebszeiten im Agroforstsystem kürzer sind als die Zeit, die die Bäume benötigen, um ihre endgültige Höhe zu erreichen. Bei einigen Baumarten sind mehrere Felder zugeordnet, dies zeugt von einer großen Spannweite in den jeweiligen Wuchsleistungen.

Tabelle 12 Endhöhen und Kronendurchmesser der Agroforstbaumarten

Baumart	Höhe				Breite		
	bis 10 m	bis 15 m	bis 25 m	>25 m	bis 10 m	bis 15 m	>15 m
<i>Acer campestre</i>	x				x		
<i>Acer platanoides</i>			x			x	
<i>Acer pseudoplatanus</i>			x				X
<i>Betula pendula</i>		x	x	x	x		
<i>Castanea sativa</i>			x	x		x	X
<i>Corylus colurna</i>		x	x		x		
<i>Fraxinus Excelsior</i>				x			X
<i>Juglans nigra</i>				x			x
<i>Juglans regia</i>			x			x	

Baumart	Höhe				Breite		
	Bis 10m	Bis 15m	Bis 25m	> 25m	Bis 10m	Bis 15m	>15m
<i>Liriodendron tulipifera</i>				x			x
<i>Malus sylvestris</i>	x				x		
<i>Ostrya carpinifolia</i>		x			x		
<i>Paulownia tomentosa</i>		x				x	
<i>Populus alba</i>			x	x		x	
<i>Populus nigra</i>			x				X
<i>Prunus avium</i>		x	x			x	
<i>Pyrus pyraaster</i>		x				x	
<i>Robinia pseudoacacia</i>			x			x	
<i>Sorbus aucuparia</i>	x	x			x		
<i>Sorbus domestica</i>		x			x		
<i>Sorbus torminalis</i>		x			x		
<i>Tilia cordata</i>			x	x		x	
<i>Tilia platyphyllos</i>				x			X
<i>Ulmus laevis</i>				x			X
<i>Abies grandis</i>				x	x		
<i>Larix decidua</i>				x	x		
<i>Larix kaempferi</i>				x	x		
<i>Pseudotsuga menziesii</i>				x	x		

Quelle: Eigene Darstellung

Die Baumartenwahl ist divers, dabei wird Wert gelegt auf eine gute Mischung, die zum Standort passt und die Bäume werden so ausgewählt und in den Reihen platziert, dass man ihren Bedürfnissen gerecht wird. Darüber hinaus erfolgt eine Mischung hinsichtlich der Nutzungsdauern, damit die Erntezeiträume gestreut werden und somit auf Schwankungen auf dem Holzmarkt reagiert werden kann. Aufgrund des geplanten Gestaltungskonzeptes sind die gewählten Baumarten relativ schmalkronig und weisen eine möglichst große Amplitude der Endhöhen auf. In Abbildung 17 sind diese Endhöhen und Kronenbreiten maßstabsgetreu gezeichnet.

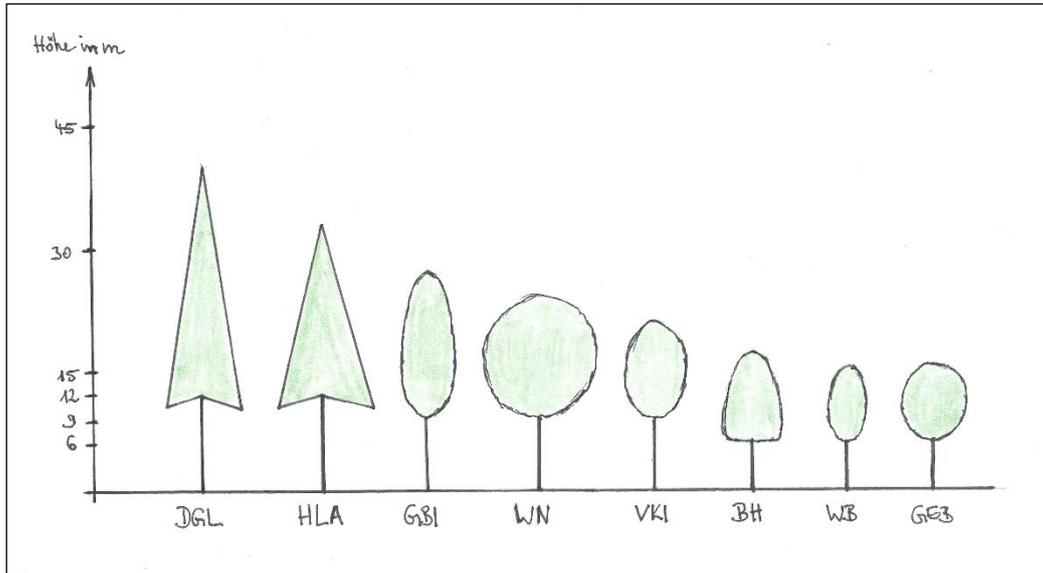


Abbildung 17 Maßstabgerechte Zeichnung der Baumhöhen und Kronenbreiten für das Beispielsystem

Die auf der Fläche geplanten Baumarten sind mit ihren Umtriebszeiten bis zur kalkulierten Hiebsreife in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13 Umtriebszeiten der Baumarten im Beispielsystem

Baumart	Zeitfenster bis zur Hiebsreife	
	Als Wertholz	Als dienende Baumart
<i>Carpinus betulus</i>		20/40
<i>Betula pendula</i>	60	
<i>Corylus Colurna</i>	80	
<i>Juglans regia</i>	80	
<i>Pyrus pyraister</i>	80	
<i>Prunus avium</i>	80	
<i>Larix x eurolepsis</i>	80	
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	80	

Quelle: Eigene Darstellung

6.3.2 Pflanzung

6.3.2.1 Pflanzsortimente

Als Pflanzsortimente finden zweifach verschulte Sortimente Verwendung, die maximal 80-120 cm hoch sind, diese haben oftmals schon eine bessere Konkurrenzkraft gegenüber der Begleitvegetation und die Wurzeln. Vor allem bei den tiefwurzelnden Arten sind sie nicht beschädigt und lassen sich schonend einpflanzen. Dadurch lassen sich die Ausfälle reduzieren. Außerdem wird angeraten, bei den Arten Birke, Spitzahorn, Vogelkirsche, Hainbuche, Europäische Lärche und Douglasie die Herkunftsempfehlungen nach FoVG zu berücksichtigen. Für die anderen Arten sind keine Empfehlungen formuliert, es sollte möglichst auf regionales Pflanzmaterial zurückgegriffen werden, welches gut an die Wachstumsumgebung angepasst ist. Für Walnuss werden die Ursprungsprovenienzen

verwandt, diese zeigen wesentlich bessere Wuchseigenschaften als die europäischen Sorten, welche in den letzten Jahrhunderten hauptsächlich für die Nussproduktion gezüchtet wurden und daher bei den Selektionen wenig Wert auf das Holz gelegt wurde. Die Sortimente werden bei Forstbaumschulen bezogen, weil diese Herkünfte sehr gute Wuchseigenschaften aufweisen. Außerdem sind dort die Einkaufspreise, auch für Privatpersonen, wesentlich günstiger im Vergleich zu anderen Baumschulen auf dem freien Markt. Diese führen zudem in den meisten Fällen nicht die Herkünfte nach FoVG, sondern sehen ihre Kunden hauptsächlich im privaten Bereich (N. Haack, Persönliche Mitteilung, 20. März 2024).

6.3.2.2 Pflanzmethode

Im Vorfeld der Pflanzung, welche am besten im Herbst stattfinden sollte, werde die späteren Gehölzstreifen gemeinsam mit der restlichen Ackerfläche der planmäßigen Bodenbearbeitung unterzogen. Allerdings wird anschließend nicht eingesät, sodass die Streifen frei von jeglichem Bewuchs sind und somit leichter gepflanzt werden kann.

Als Pflanzverfahren wird das Rhodener Pflanzverfahren eingesetzt, da es im Vergleich zu den anderen Pflanzmethoden neben einer schnellen Arbeitsweise auch eine wurzelschonende Pflanzung ermöglicht. In der Kalkulation werden als Arbeitszeit für Pflanzung und das Anbringen des Schutzes 10 min/Baum veranschlagt. Eine genaue Arbeitsanweisung der Pflanzmethode findet sich in Anhang 5.

6.3.2.3 Baumschutz

Der Baumschutz erfolgt mit Hüllen aus Drahtgeflecht. Diese werden selbst gebaut, was Kosten spart und nur geringfügig mehr Arbeit bedeutet. Es werden bei den Wertholzbäumen zwei Robinienpfähle eingeschlagen, an denen das Drahtgeflecht kreisförmig mit einem Durchmesser von 50 cm befestigt wird. Bei den Hainbuchen wird ebenfalls ein Schutz angebracht, dieser ist aus Kostengründen nur an einem Robinienpfahl befestigt und hat einen Durchmesser von 20 cm. Auf das Anbringen von Wurzelkörben aus Draht wird verzichtet.

6.3.3 Reihenabstände

Da kein gesamtes System geplant wird, wird auf die Festlegung eines Reihenabstandes zwischen den Gehölzflächen verzichtet. Es wird lediglich geraten, diesen aufgrund der größeren Breite des Baumstreifens und dem größeren Schattenwurf, bedingt durch die engere Anordnung der Pflanzung, deutlich größer zu wählen als bisher. Dadurch sollen die Ernteeinbußen der Ackerkulturen so gering wie möglich gehalten werden.

Der Agroforststreifen ist 11 m breit und 85,5 m lang und besteht aus drei Reihen, die in einem Abstand von 4,5 m angelegt werden. Daraus ergibt sich ein Abstand von jeweils 1,5 m vom Rand des Streifens bis zur ersten Baumreihe.

6.3.4 Pflanzabstände

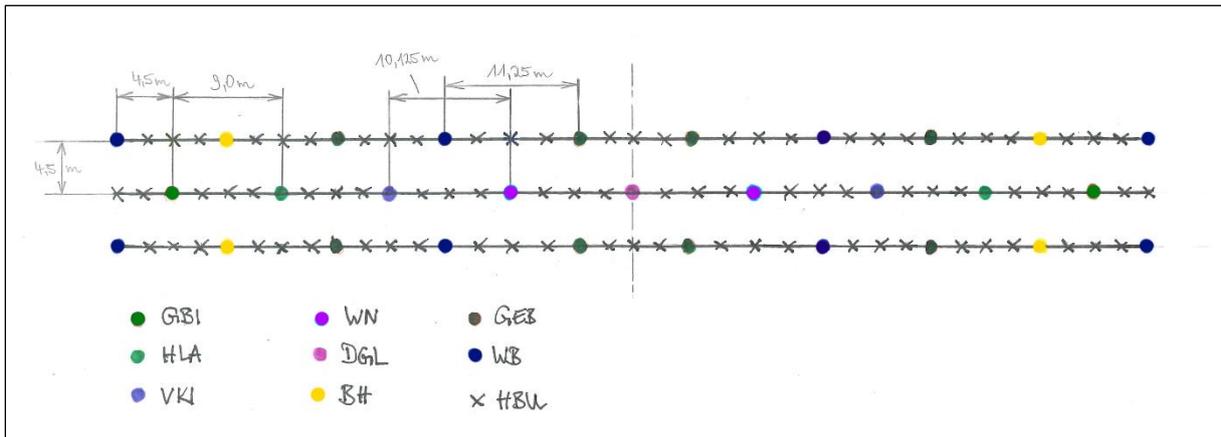


Abbildung 20 Pflanzplan für das Beispielsystem

Die Bäume werden, wie im Pflanzplan in Abbildung 20 zu sehen ist, im Abstand von 2,25 m gesetzt. In der mittleren Reihe finden die großen Wertholzarten Platz. Sie haben Abstände von 9 m zueinander, ausgenommen die Walnuss, sie erhält auf Grund der breitesten Krone im System einen Abstand von 10,125 m. Daneben werden um 4,5 m versetzt in den äußeren Reihen die niedrig bleibenden Arten Wildbirne, Eberesche und Baumhasel angeordnet. Dadurch wachsen die Wertholzbäume in einer schachbrettartigen Anordnung. Zwischen den Werthölzern werden in allen Reihen Hainbuchen gepflanzt. Jeweils 3 Stück in gleichmäßigem Abstand von 2,25 m zwischen den Wertholzarten. Der Plan, angepasst nach 20 und 40 Jahren, ist in Anhang 10 ersichtlich. In den Abbildungen 18 und 19 ist das System im Längs- und Querschnitt im 60. Standjahr zu sehen.

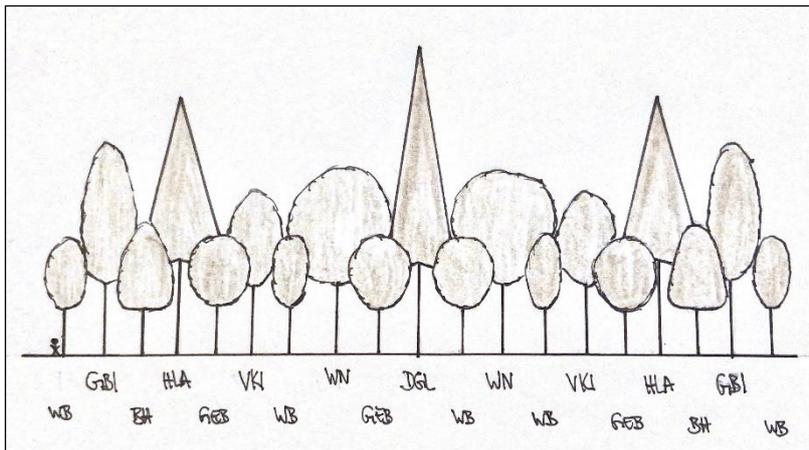


Abbildung 19 Längsansicht des Systems im 60. Standjahr

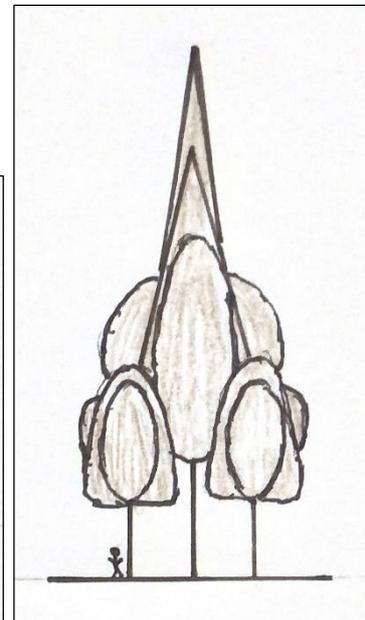


Abbildung 18 Querschnitt des Systems im 60. Standjahr

6.4 Pflegemaßnahmen

6.4.1 Beikrautregulierung

Durch die Reihenabstände von 4,5 m können die Zwischenräume problemlos mit einem Schlegelmulcher gepflegt werden. Durch umsichtiges Fahren und mehrfaches Umsetzen zwischen den Baumkulturen wird eine um 100 % höhere Arbeitszeit kalkuliert, als auf einer vergleichbaren Freifläche. Die Beikrautregulierung wird 5 Jahre durchgeführt, danach wird angenommen, dass die Bäume eine ausreichende Konkurrenzkraft entwickelt haben und langsam beginnen, die Begleitvegetation zu unterdrücken.

6.4.2 Wertastungen

Die Wertastung erfolgt in gleicher Weise, wie sie bisher bei der Wertholzerzeugung im Agroforst durchgeführt wird. Außerdem müssen bei den Nadelholzarten und den Vogelkirschen die Totäste entfernt werden. Die Bäume werden nach Endhöhe geastet, daraus ergeben sich die Werte nach Tabelle 14. Auch wenn sie arbeitsintensiver ist als die quirlweise Astung, wird die vorgreifende Astung angewendet. Einzig bei den Nadelhölzern wird quirlweise geastet, da die Äste in gleichmäßigen Etagen angeordnet sind und sich somit sehr gut für diese Methode eignen. Die Hainbuchen, die in den Reihen jeweils mittig zwischen den Werthölzern stehen und 40 Jahre auf der Fläche verbleiben, werden ebenfalls aufgeastet, um auch bei diesen Sortimenten bessere Holzqualitäten zu erreichen. Es wird angenommen, dass nur 3 Astungen wie in der Forstwirtschaft vorzunehmen sind, da es durch die dienenden Baumarten und die engere Pflanzung zu einer natürlichen Astreinigung zwischen den Bäumen kommt, ähnlich wie in geschlossenen Waldverbänden. Allerdings müssen die feldwärts gerichteten Stammseiten der beiden äußeren Reihen von entstehenden Ästen gereinigt werden.

Tabelle 14 Astungshöhe der Baumarten des Beispielsystems

Baumart	Astungshöhe (m)
<i>Carpinus betulus</i>	6
<i>Betula pendula/ var. Carelia</i>	9
<i>Corylus Colurna</i>	6
<i>Juglans regia</i>	9
<i>Pyrus pyraister</i>	6
<i>Prunus avium</i>	9
<i>Larix x eurolepis</i>	12
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	12

Quelle: Eigene Darstellung

6.5 Ernte

Die Ernte erfolgt motormanuell mit Motorsägen. Die Bäume werden einzeln gefällt, aufbereitet und anschließend gerückt. Dafür kommt ein Ruckeanhänger mit Kran zum Einsatz, welcher die Holzurückung erheblich erleichtert und wesentlich mehr Fm-Leistung pro Stunde aufweist als eine einfache Rückung mit Traktor und Seilwinde. Ruckeanhänger können in den meisten Fällen bei den ortsansässigen Maschinenringen geliehen werden.

6.5.1 Erntezeitpunkte

Die ersten Hainbuchen werden nach 20 Jahren gefällt, um Luft im Bestand zu schaffen. Nach weiteren 20 Jahren, also der Hälfte der Umtriebszeit, erfolgt die Entnahme der restlichen Hainbuchen, dadurch kommt es zu einer Freistellung der Wertholzbäume. Ein Vorteil ist, dass durch die Freiräume zwischen den Wertholzbäumen die Schattenwirkung auf die Ackerflächen reduziert wird. Nach 60 Jahren werden als erste Wertholzbäume die Birken entnommen, denn sie neigen bei längerer Standzeit zu Stammfäule. Nach 80 Jahren ist die geplante Umtriebszeit beendet und der Einschlag der restlichen Bäume wird vorgenommen. Für die Kalkulation werden diese Zahlen zugrunde gelegt. Allerdings können die Standzeiten in der Praxis je nach Marktlage angepasst werden und bei einer hohen Nachfrage nach bestimmten Holzarten kann auch eine einzelstammweise Fällung von Bäumen zu anderen Zeitpunkten erfolgen.

6.5.2 Sortimentsaushaltung

Als Sortiment wird nach 20 Jahren ausschließlich Brennholz produziert. Im nächsten Erntezeitraum wird Hainbuchenstammholz der Stärkeklasse 2a erzeugt, welches 6 m astfrei ist, das restliche anfallende Derbholz wird als Brennholz vermarktet.

Die Wertholzstämme werden als Wertholz/Qualitätsholz der Klasse A/B und das restliche Derbholz ebenfalls als Brennholz verkauft.

6.6 Ökonomik

6.6.1 Kostenaufstellung

	Jahr		Arbeitszeit	Unverzinst	Verzinst
Pflanzung		Pflanzgut		3,50 €	16,37 €
		Baumschutz		4,00 €	18,70 €
		Arbeitszeit	10	4,65 €	21,74 €
Pflege	1	Beikrautregulierung		0,07 €	0,34 €
	2	Beikrautregulierung		0,07 €	0,33 €
	3	Beikrautregulierung		0,07 €	0,32 €
	4	Beikrautregulierung		0,07 €	0,32 €
	5	Beikrautregulierung		0,07 €	0,31 €
	5	1. Astung	5	2,33 €	9,85 €
	10	2. Astung	10	4,65 €	17,84 €
	15	3. Astung	15	6,98 €	14,76 €
20	4. Astung	15	6,98 €	5,72 €	
Ernte					42,31 €
				Gesamtkosten	148,90 €

Abbildung 21 Kostenkalkulation pro Einzelbaum des Systems (Mittelwerte)

Die Kosten pro Einzelbaum inklusive der Hainbuchen liegen im Mittel bei 148,90 € und sind in Abbildung 21 dargestellt. Allerdings weisen die verzinsten Einzelkosten je Baumart aufgrund der unterschiedlichen Umtriebszeiten eine sehr große Amplitude auf, so betragen sie bei den 20-jährigen Hainbuchen 24,32 € und schlagen bei den Douglasien mit 206,23 € zu Buche. Die Kostenaufstellung erfolgte, wie in Anhang 12 ersichtlich, baumartenindividuell, dabei wurden die jeweils durchgeführten Arbeiten und die dazugehörige Verzinsung beachtet. Bei den Verzinsungen wurde beachtet, dass diese nur für den Zeitraum vorgenommen werden, ab denen die Kosten entstanden sind, so ist als Beispiel bei den Astungen das Jahr der Durchführung vom Verzinsungszeitraum abgezogen worden. Somit ergibt sich u.a. bei der Birke mit einer Umtriebszeit von 60 Jahren für die drei durchzuführenden Astungen je ein Zeitraum der Verzinsung von 55, 50, bzw. 45 Jahren. Das gleiche Verfahren wurde bei den Beikrautregulierungen angewendet. Diese sind wesentlich günstiger als in den bisherigen

	Ernte €/fm	Rückung €/fm	Gesamtkosten
HBU 20J	48,80 €	8,76 €	57,56 €
HBU 40J	16,27 €	8,66 €	24,93 €
BH, GEB, WB, GBI	9,76 €	6,93 €	16,69 €
WN, VKI	8,13 €	6,30 €	14,43 €
DGL, HLA	8,13 €	4,95 €	13,08 €

Abbildung 22 Ernte- und Rückekosten nach Baumarten

Betrachtungen ausgefallen. Dasselbe gilt für die Erntekosten und dabei besonders für die Rückung.

Wie in Abbildung 22 ersichtlich liegen die Erntekosten pro fm je nach betrachteter Baumart und Erntezeitpunkt weit auseinander, bei der Rückung sind nur geringfügige Unterschiede zu erkennen.

6.6.2 Erträge nach Sortimenten

Betrachtet nach Sortimenten werden im System in 80 Jahren insgesamt 31,2 fm Wertholz der Klasse A/B erzeugt, die zu einem durchschnittlichen Preis von 194,45 €/fm verkauft werden. Dabei liegen die höchsten Wertholzpreise bei 362,25 €/fm und werden mit dem Walnussholz erwirtschaftet. Mit 119 €/fm hat die Birke die niedrigsten erwartbaren Preise. Bei den Erlösen wurde ein Ausfall von 5 % des Wertholzes einberechnet, was auf Grund von Fehlern als Brennholz vermarktet wird.

Dadurch wirft der Gehölzstreifen 36 fm Brennholz ab, die wie oben bereits erwähnt zu den aktuellen Preisen von 40 €/fm vermarktet werden.

Die detaillierte Umsatzberechnung aller Baumarten ist im Anhang 13 ersichtlich.

6.6.3 Erlösrechnung

	Pro Baum	System
Hainbuche 20J	- 18,77 €	- 1.013,75 €
Hainbuche 40J	- 29,21 €	- 876,19 €
Wildbirne	96,68 €	773,42 €
Baumhasel	73,10 €	292,42 €
Eberesche	17,00 €	136,04 €
Birke	43,66 €	87,32 €
Vogelkirsche	209,61 €	419,23 €
Walnuss	552,50 €	1.104,99 €
Douglasie	263,05 €	263,05 €
Lärche	280,14 €	560,27 €
Gesamterlös System		1.746,80 €
<i>Gesamterlös pro ha</i>	<i>18.573,09 €</i>	
<i>Gewinnbeteiligung pro Jahr/ha</i>	<i>232,16 €</i>	

Stellt man die Kosten und Erlöse gegenüber, ergeben sich für die einzelnen Baumarten die Werte aus Abbildung 23. Die Erlöse und Verluste weisen eine sehr große Spannweite auf, so liegen die Verluste bei den Hainbuchen insgesamt bei 1889,94 €. Die höchsten Gewinne erzielen die Walnüsse mit über 550 € pro Baum. Somit ergibt sich für das Gesamtsystem ein Gewinn von 1746,80 €. Rechnet man diesen Wert von der Grundfläche von 940,5 m² auf 1 ha hoch, bringt diese Systemvariante einen Gesamterlös von 18.573,09 €/ha. Rechnet man diesen Wert auf 80 Jahre zurück, liegt die Gewinnbeteiligung pro ha bei

Abbildung 23 Gesamterlöse des Beispielsystems mit Aufstellung der einzelnen Baumarten

232,14€/Jahr und somit 90 € über dem Wert, welcher in der aktuellsten Anbauempfehlung für Agroforst von Schulz et. al (xxxx) mit deren System errechnet wurde.

Es muss noch einmal auf die Hainbuchen eingegangen werden, denn sie erzeugen in der Systembetrachtung nicht die Verluste wie oben angegeben. Denn durch ihre Funktion als dienende Baumart mit der Förderung der natürlichen Astreinigung werden insgesamt 4 Astungen gegenüber den bisherigen Systemen eingespart. Würden diese in dem entwickelten System durchgeführt werden, entstünden insgesamt Kosten von 1239,95 €. Es wird angenommen, dass bis zum Alter von 5 und 10 Jahren jeweils eine und bis zum 15. Standjahr zwei zusätzliche Astungen vorzunehmen wären (Abb. 24).

Astung bis 5 Jahre	291,02 €
Astung bis 10 Jahre	527,18 €
Astung bis 15 Jahre (2x)	421,76 €
Summe:	1.239,95 €

Abbildung 24 Eingesparte Astungskosten durch den Einsatz dienender Baumarten zur natürlichen Astreinigung

7 Diskussion

7.1 Ergebnisdiskussion

7.1.1 Literaturrecherche

Die Literaturrecherche hat gezeigt, dass die Agroforstwertholzsysteme in einigen Punkten stark von den Praktiken der Forstwirtschaft abweichen. Dies beginnt schon bei der Baumartenwahl, denn hier wurden die Nadelbäume bisher nie beachtet und in die Systeme integriert. Eine Begründung dafür war bislang, dass diese geringere Holzpreise erzielen als die Laubholzsortimente. Dies konnte mit der Betrachtung von den Submissionen widerlegt werden, denn im Mittel erzielen beide ähnlich hohe Preise. Daher wurden infolgedessen im erarbeiteten System erstmals Nadelbäume integriert und kalkulatorisch betrachtet. Ein weiterer Unterschied sind die Wertastungen, dabei wurden bisher doppelt so viele Astungsvorgänge vorgesehen, was zu wesentlich höheren Kosten führt. Weiterhin fiel auf, dass die erreichbaren Qualitäten aufgrund der Jahrringbreiten wahrscheinlich niedriger anzusetzen sind als erwartet. Dies wurde später in den Experteninterviews sehr deutlich. Ein Ziel der Arbeit war es, die Preise, welche in den Empfehlungen zu finden sind, näher zu betrachten. Dies wurde durch die Analyse von Submissionen durchgeführt. Dabei war sehr schnell deutlich, dass die vielfach genannten Preise von 400 €/Fm (in einer Broschüre sogar 800 €/fm) deutlich über den Werten liegen, die auf Submissionen gezahlt werden. Denn diese liegen im Schnitt über alle Sortimente bei rund 250 €/Fm. Woher die hohen Zahlen aus der Literatur stammen, konnte nicht ergründet werden. Aber diese Zahlen sollten aufgrund der neuen Erkenntnisse überdacht werden, denn sie vermitteln eine zu hohe Gewinnerwartung. Dies ist eine teilweise Täuschung der Landwirte und verzerrt die tatsächlichen Möglichkeiten der Wertholzerzeugung. Allerdings konnten nur für einen Teil der durchgeführten Submissionen die Ergebnisse eingesehen werden, daher sind nicht alle Werte in den Rechnungen berücksichtigt. Im Vergleich zu den Daten aus einer Erhebung über die Verkaufspreise von wenig gehandelten Sortimenten, in welcher sämtliche Submissionen der letzten 10 Jahre berücksichtigt wurden, ergaben sich aber sehr ähnliche Werte, sodass diese trotz der geringen Daten als realistisch angesehen werden können.

7.1.2 Experteninterviews

Die Experteninterviews zeigen eindeutig, dass die erzeugbaren Qualitäten bei den jetzigen Systemen nicht für die Furnierqualitäten ausreichen, denn keine der befragten Firmen hätte Interesse, Holz aus dem Agroforstanbau zu erwerben. Daher ist anzunehmen, dass die bisher formulierten Ziele der Bewirtschaftung und der Umsatzerwartungen nicht zu erreichen sind.

Dies führt dazu, dass die Systemplanungen überdacht und angepasst werden sollten, damit die Erwartungen der Landwirte erfüllt werden. Denn sie und die nachfolgenden Generationen sind die Leidtragenden, wenn nach 80 Jahren die Systeme geerntet werden und viel niedrigere Preise erzielen als zum Zeitpunkt der Pflanzung angenommen wurde. Ein Beispiel dafür ist das von Herrn Hanke im Interview erwähnte Debakel, dass in den 50er Jahren Landwirten geraten wurde, Pappeln auf ihre Flächen zu pflanzen, um später gutes Geld zu verdienen. Nach über 50 Jahren, zum Zeitpunkt der Ernte, zeigte sich, dass die Qualitäten deutlich schlechter waren, als erwartet und die Nachfrage nach Pappel in den Jahrzehnten eingebrochen war. Schlussendlich wurde das Holz zu Fm-Preisen von unter 50 € verkauft. Das darf nicht mehr passieren und es sollte ehrlich mit den Landwirten umgegangen werden. Es hätte viel eher damit begonnen werden sollen, die Zielgruppe der Wertholzproduktion, nämlich die Holzfirmen, mit in die Erarbeitung von Anbauempfehlungen einzubeziehen. Dadurch hätten die Planungsfehler, die mit dieser Arbeit aufgezeigt wurden, schon lange behoben werden können. Zumal in den Interviews vielfältige Anregungen gegeben wurden, wie die Systeme optimiert und verändert werden können.

7.1.3 Beispielsystem

Das Beispielsystem zeigt, dass durch eine Anpassung des Systems auch bei deutlich niedrigeren Preisen gute Deckungsbeiträge erzielt werden können, die sogar über denen der bisherigen Empfehlungen liegen. Da die Betrachtung auf den Gehölzstreifen beschränkt wurde, blieben die Auswirkungen auf die Ackerflächen unbeachtet. Es ist aber davon auszugehen, dass diese durch die erhöhte Beschattung größer sind als in den bisherigen Systemen, daher wurde der Hinweis gegeben, die Abstände zwischen den Gehölzflächen zu vergrößern. Da kein expliziter Standort für die Planung betrachtet wurde, kann die Vorhersage der Wuchseigenschaften nicht genau vorgenommen werden, sondern es wurden Standardwerte angewandt. Das System wurde auf dem Papier entworfen und basiert auf einem weiten Verband in der Forstwirtschaft, die Abstände ergaben sich aus den Kronenbreiten der Wertholzbäume. Die Hainbuchen wurden lediglich in gleichmäßigen Abständen dazwischen platziert. Diese haben den Vorteil, dass sie ihre Kronen sehr individuell an die umgebende Vegetation anpassen können und sehr schattenverträglich sind. Wie dieser Engstand eventuell das Wachstum der Hainbuchen beeinflusst und zu schlechteren Erträgen führt als angenommen, konnte in dieser Arbeit nicht geklärt werden. Für die Arbeitszeitkosten diente der aktuelle Leitfaden für die Verdienst- und Arbeitslohnberechnung des 1. Halbjahres 2024 als Vorlage, dabei wurden 20 € als Stundenlohn angenommen. Je nach der Person, die die Arbeiten tatsächlich durchführt, könnte diese Entlohnung zu hoch gegriffen sein oder zu niedrig liegen. Es wurde zugrunde gelegt, dass es sich um einen ausgebildeten Landwirt mit Berufserfahrung handelt. Bei der Pflanzmethode ist zu beachten, dass das Rhodener

Pflanzverfahren, um die Pflanzzeiten so gering wie möglich zu halten, etwas Übung bedarf und die pflanzenden Personen intensiv eingearbeitet werden müssen. Dies ist in der Kalkulation nicht berücksichtigt worden. Für die Beikrautregulierung wurde angenommen, dass die Arbeitsleistung durch die Gehölze und die Bearbeitung der schmalen Seitenstreifen von 1,5 m nur halb so hoch ist als auf einer normalen freien Fläche. Dies wird als Höchstwert angesehen, denn eine geübte Person wird voraussichtlich mit der gleichen Geschwindigkeit fahren wie üblich. Das Ernteverfahren wird motormanuell durchgeführt, dabei kommt für die Kalkulation der EST zum Einsatz. Der Akkordlohnansatz ist umstritten und sollte nicht allein angewandt werden, dient aber gut zur Abbildung der Arbeitsleistung. Sonst gibt es keine Anhaltspunkte für die Leistungen pro Stunde je nach BHD, daher wurde die Akkordleistung kalkulatorisch zu Grunde gelegt. Es ist durch die guten Bedingungen auf den landwirtschaftlichen Flächen im Gegensatz zu geschlossenen Walbeständen davon auszugehen, dass die Arbeitsleistung des Holzeinschlages über denen im Wald liegt. Daher kann eine Rotte (Gruppe) von drei geübten Waldarbeitern die Fällung des Gesamtsystems wahrscheinlich innerhalb eines Arbeitstages vornehmen. Dazu kommt, dass die Sortimentsaushaltung vergleichsweise einfach ist, denn der Wertholzabschnitt ist bereits entastet und muss nur abgelängt werden, sodass die restliche Arbeit auf das Brennholzsortiment entfällt. Die erzielbaren Erlöse wurden über Fixpreise ermittelt, die 20 % unter den durchschnittlichen Submissionserlösen liegen. Ziel ist dabei, die Erlöse absichtlich gering zu halten, denn die Preise stellen die Untergrenzen dar. Dadurch sollen den Landwirten keine Versprechungen gemacht werden, die später nicht erfüllt werden können, denn besser etwas niedriger angenommen und zum Erntezeitpunkt können höhere Preise erzielt werden als umgekehrt. Außerdem wird hier davon ausgegangen, dass das Erntegut als Stammholz auf Submissionen verkauft wird. Es ist durchaus sinnvoll, wie mehrfach in den Interviews erwähnt, darüber nachzudenken, das Holz regional zu vermarkten und direkt an die Holzverarbeitenden Firmen zu verkaufen, dadurch können unter Umständen höhere Preise erzielt werden und regionale Wertschöpfungsketten werden gefördert. Eine weitere Möglichkeit wäre, ein mobiles Sägewerk zu nutzen, diese können entweder gemietet werden und die Arbeiten werden von geübtem Fachpersonal durchgeführt (ca. 65 €/h) (Mobile Holzsäge Mobiles | Sägewerk Kaemper, 2024) oder es wird vom landwirtschaftlichen Betrieb angeschafft, was im Neuzustand Investitionen von rund 5000 € bedeuten kann (Woodland Mills Deutschland, 2024). Dann müssen die Sägearbeiten allerdings selbst durchgeführt werden, was einiges an Fachwissen verlangt. Allerdings können sich hier im besten Fall mehrere Betriebe zusammentun und ihr Holz gemeinsam verarbeiten. Durch die Verarbeitung lassen sich wesentlich höhere Preise erzielen. Als Beispiel dient Bauholz aus Douglasie und Lärche, was Fm-Preise von mehr als 900 € erbringen kann (Lenz, 2023). Eine weitere

Möglichkeit ist die Anmietung eines Sägespaltautomaten, was für ca. 250 € pro Tag möglich ist (Kießling, 2024). Mit diesem kann das Brennholz weiterverarbeitet und direkt gespalten werden. Sollte dann auf dem landwirtschaftlichen Betrieb noch die Möglichkeit bestehen, dass Holz durch Lagerung zu trocknen, liegen die erzielbaren Brennholzpreise aktuell bei rund 150 €/Rm, dies entspricht einem Festmeterpreis von 210 € (TFZ Bayern, 2024).

7.2 Limitation der Forschung

Die Arbeit basiert auf drei Forschungsmethoden, einer Literaturrecherche, Experteninterviews und der Erarbeitung eines neuen Gehölzsystems auf Grundlage der zuvor gewonnenen Erkenntnisse. Die Lesenden sollten beachten, dass die angestellten Überlegungen zwar auf Erfahrungen aus der Praxis beruhen, aber gänzlich theoretischer Natur sind.

In der Literaturrecherche sind die Grenzen je nach Themengebiet sehr unterschiedlich ausgefallen, so gibt es zum Beispiel noch keine wissenschaftlichen Untersuchungen zu dem tatsächlichen Wuchsverhalten von Forstpflanzen auf landwirtschaftlichen Standorten. Dadurch ist es nicht möglich, mit Sicherheit das Wachstum vorherzusehen und die Bäume einer bestimmten Ertragsklasse zuzuordnen. Eine weitere Informationslücke tat sich bei den Holzpreisen auf, denn eine Analyse für einzelne Baumarten und deren Preise nach Stärkeklasse und Qualität, am besten für mehrere Jahre, liegen nur vom Landesforst Niedersachsen vor. Diese sehr detaillierten Übersichten werden allerdings nur für die Baumarten Eiche und Buche erstellt, sodass die wirklich erzielten Preise bei den anderen Baumarten unbekannt sind. Einzig für die Leitsortimente der Qualität sind diese gut zu finden, bei den veröffentlichten Tabellen werden allerdings die Laubholzarten der Agroforstsysteme nicht aufgeführt, da sie in zu geringen Stückzahlen gehandelt werden.

Für Experteninterviews wurden auch weitere Firmen angefragt, die allerdings nicht auf die Anfragen reagierten, dazu gehörten zwei weitere Furnierfirmen und eine Firma aus Bayern, die sich auf Sägerundholz spezialisiert hat und auch Messerfurniere fertigt. Leider kam hier, trotz mehrmaliger Anfrage, kein Gespräch zustande. Die Expertisen wären sehr hilfreich gewesen, zumal dort alle betrachteten Baumarten verarbeitet werden. Dadurch hätten die Informationen zu den Qualitätsanforderungen an diese Hölzer mit einbezogen werden können, um dahingehend das Beispielsystem anzupassen. Darüber hinaus wären Angaben zu den marktaktuellen Preisen der einzelnen Arten möglich gewesen, dies hätte zu realistischeren Preiseinschätzungen für die Kalkulation der Erlöse beigetragen. Die Interviews hätten auch noch auf Landwirte ausgeweitet werden können, um deren Arbeitskapazitäten und Anforderungen in die Planung mit einzubeziehen, dies wäre aber über den Rahmen der Arbeit hinaus gegangen.

7.3 Empfehlungen für weiterführende Forschung

Die in der Arbeit gewonnenen Erkenntnisse können vor allem in den Bereichen, wo eine zum jetzigen Zeitpunkt vorliegende Limitation vorliegt, vertieft werden. Dazu gehört eine Befragung von Rundholzsägewerken, um die Qualitätsziele und die erreichbaren Umsätze festlegen zu können. Darüber hinaus sollte das hier geplante System im besten Fall in der Praxis umgesetzt und wissenschaftlich begleitet werden. Dadurch kann es nochmals eventuell angepasst und praxistauglicher überarbeitet werden.

Darüber hinaus ist es spannend, für Landwirte eine Arbeitsanweisung für die Rundholzverarbeitung mit mobilen Sägewerken und die Brennholzveredelung zu erstellen, dadurch können die Vermarktungswege und Möglichkeiten deutlich ausgebaut werden. Ein weiterer Schwerpunkt wären generelle Wachstumsuntersuchungen verschiedener Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen, dadurch können die Wuchseigenschaften noch besser eingeordnet werden. Dafür sollten sowohl Einzelversuche ohne Konkurrenz als auch Konkurrenzversuche in Betracht gezogen werden.

8 Fazit

Die Wertholzerzeugung in Agroforstsystemen nimmt an Bedeutung zu und dabei spielen die in Zukunft erzielbaren Verkaufspreise eine große Rolle. Daher wurde in dieser Arbeit untersucht, inwieweit die bisher angenommenen Furnierqualitäten wirklich in den Systemen erzeugt werden können und welche Preise erzielt werden können. Dafür wurde zunächst eine Literaturrecherche durchgeführt, um aufzuzeigen, welche Unterschiede zwischen der Erzeugung von Wertholz auf landwirtschaftlichen Flächen und in der klassischen Forstwirtschaft bestehen. Die daraus resultierenden Probleme wurden anschließend mit Experten aus der Wertholz- und Forstwirtschaftsbranche näher beleuchtet und mögliche Handlungspraktiken besprochen. Darauf aufbauend wurde ein neues Design für die Wertholzerzeugung auf landwirtschaftlichen Flächen entworfen. Dieses System ist waldähnlicher als die bisherigen und führt durch Konkurrenz und eine längere Umtriebszeit zu besseren Holzqualitäten als bisher. Außerdem ist es arbeitserleichternd, da dienende Baumarten für eine natürliche Astreinigung sorgen und somit der Pflegeaufwand reduziert werden kann.

Die im Vorfeld angestellten Hypothesen konnten bestätigt werden. Es werden aller Voraussicht nach keine Furnierhölzer in Agroforstsystemen erzeugt werden können und auch Furnierwerke zeigen keinerlei Interesse an Hölzern aus diesen Erzeugungen. Darüber hinaus wurde über die Analyse von Submissionen gezeigt, dass die bisher angenommenen Preise deutlich zu hoch sind, auch für die bisher angenommenen hohen Qualitäten. Daher müssen diese gänzlich neu eingeordnet werden, was mit dieser Arbeit nicht abschließend vorgenommen werden konnte. Es wurde als Ergebnis dieser Arbeit außerdem ein System entworfen, was die Empfehlungen der befragten Fachleute mit einbindet und somit die Holzqualität steigern kann. Darüber hinaus ist festzuhalten, dass als allgemeines Ziel der Wertholzerzeugung in Agroforstsystemen nicht mehr Furnier- sondern hochwertiges Sägeholz erzeugt werden sollte und dementsprechend die Systeme zu gestalten sind.

9 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird aufgezeigt, inwieweit die derzeitigen Empfehlungen für den Wertholzanbau an ihre Grenzen stoßen. Der Grund liegt in der Annahme, dass die bisher erwarteten Qualitäten nicht erzeugt werden können und die in der Literatur erwähnten Preise zu hoch gegriffen sind, wodurch sich die Systeme kalkulatorisch nicht rechnen könnten. Um dies zu klären, wurde eine Literaturrecherche zu Wertholzanbau in der klassischen Forstwirtschaft durchgeführt und Wertholzsubmissionen betrachtet. Daran anschließend wurden die wichtigsten Unterschiede zwischen der forstwirtschaftlichen Wertholzerzeugung und den empfohlenen Praktiken in der Agroforstwirtschaft aufgezeigt. Die daraus resultierenden Probleme wurden mit Fachleuten aus der Wertholzbranche erörtert. Dabei konnte bestätigt werden, dass die Holzqualitäten von landwirtschaftlichen Flächen für die Furnierindustrie nicht ausreichen und es keine Nachfrage von deren Seite geben wird. Es wurde geraten, das Augenmerk besser auf die Erzeugung hochwertiger Sägerundhölzer zu legen. Dafür eignen sich die Systeme allerdings in ihrer jetzigen Form nicht, weil sie sich bei geringeren Erlösen als bisher kalkuliert nicht lohnen würden. Daher wurde als Abschluss der Arbeit ein System entworfen und kalkuliert, das genau diese Lücke füllen kann. Dabei wurde festgestellt, dass dieses System trotz deutlich niedrigerer Festmeterpreise als bisher angenommen, wirtschaftlicher ist als die bisher empfohlenen Wertholzsysteme.

Literaturverzeichnis

- Altherr, E. & Evers, F. H. (1981). Wirkungen und Wirkungsdauer von Fichtenkulturdüngungen auf Buntsandstein des Nordschwarzwaldes. *Mitt. FVA Baden-Württemberg*(99).
- Avila, A. L. de & Albrecht, A. (2017). *Alternative Baumarten im Klimawandel: Artensteckbriefe : eine Stoffsammlung*. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA).
- Bartsch, N., Röhrig, E. & Lüpke, B. von. (2020). *Waldbau auf ökologischer Grundlage* (8., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage). *UTB: Bd. 8310*. Verlag Eugen Ulmer.
- baysf. (2024). *Submission Arnstein*.
https://www.baysf.de/fileadmin/user_upload/240315_Verkaufsbericht-S-2024-BaySF-2.pdf
- Bemann, A. & Knust, C. (Hrsg.). (2010). *AGROWOOD: Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven*. Weißensee-Verl.
- Bender, B., Chalmin, A., Reeg, T., Konold, W. & Spiecker, H [Heinrich]. (2009). *Moderne Agroforstsysteme mit Werthölzern – Leitfaden für die Praxis*.
https://www.researchgate.net/publication/331924129_Moderne_Agroforstsysteme_mit_Wertholzern_-_Leitfaden_fur_die_Praxis
- BFW, Bundesforschungszentrum für Wald -. (2024a, 9. Juni). *Hybridlärche - eine "Baumart" mit Potenzial*.
<https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/waldbau/waldgenetik/hybridlaerche>
- BFW, Bundesforschungszentrum für Wald -. (2024b, 9. Juni). *Die Robinie, schnell wachsend bei geringen Ansprüchen, aber nicht unumstritten*.
<https://www.waldwissen.net/de/lebensraum-wald/baeume-und-waldpflanzen/laubbaeume/robinie>
- BMEL-Statistik. (2024, 27. Mai). *Holzmarkt*. <https://www.bmel-statistik.de/forst-holz/holzmarkt>
- Böhm, C. (2024). *Agroforstsysteme in der GAP ab 2023*.
- BW, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg - FVA. (2024a, 2. Mai). *Anbau von Schwarznuss und Hybridnuss*.
<https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/waldbau/bestandesspflege/anbau-von-schwarznuss-und-hybridnuss#c104524>
- BW, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg - FVA. (2024b, 13. Juni). *Holzpreisanalyse für Baumarten mit geringen Verkaufsmengen*.
<https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/holz-und-markt/holzmarkt/alternative-baumarten>
- Dengler, A. (Hrsg.). (1935). *Waldbau auf Ökologischer Grundlage: Ein Lehr- und Handbuch* (Zweite, verbesserte Auflage). Springer Berlin Heidelberg.
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-36622-6>
- DFWR & DHWR. (2023). *Rahmenvereinbarung für den Rohholzhandel in Deutschland (RVR)*. https://rvr-deutschland.de/wp-content/uploads/2023/11/RVR_Gesamtdokument_5.aktualisierte_Auflage_2023.12.01.pdf
- DFWR & VDS. (2005). *Rahmenvereinbarung für die Werksvermessung von Stammholz*.
http://www.werkeingangsvermessung.info/download/DFWR_VDS_RVWV_050114.pdf
- Ehring, A. & Keller, O. Wertholzproduktion mit Nussbäumen. *AFZ/Der Wald*, 2006(19), 1034–1037.

- Evers, F. H. (1964). Boden- und nadelanalytische Auswertung eines Düngungsversuches zu Fichte auf einer ehemaligen Streunutzungsfläche. *Die Phosphorsäure*(24), 242–256.
- Fischer, J. (18. Oktober 2023a). Die Vogelbeere: Eine Baumart zwischen Mythen und Vorurteilen. *forstpraxis*. <https://www.forstpraxis.de/die-vogelbeere-eine-baumart-zwischen-mythen-und-vorurteilen-19659>
- Fischer, J. (30. Oktober 2023b). Die Elsbeere: Ein edler Baum mit guten Aussichten im Klimawandel. *forstpraxis*. <https://www.forstpraxis.de/die-elsbeere-ein-edler-baum-mit-guten-aussichten-im-klimawandel-19433>
- Fischer, J. (1. Juni 2024). Der Speierling: Mitteleuropas seltenste Baumart. *forstpraxis*. <https://www.forstpraxis.de/der-speierling-mitteleuropas-seltenste-baumart-22674>
- Forestbook. (2018). *Pflanzverband und Pflanzzahl | Forestbook*. <https://www.forestbook.info/pflanzverband/>
- Forestbook. (2022). *Einsatzgrenzen von Forwardern | Forestbook*. <https://www.forestbook.info/news/einsatzgrenzen-von-forwardern/>
- Forstpflanze, d. (2024, 9. Juni). *Hybridlärche*. <https://www.die-forstpflanze.de/hybridlaerche-larix-x-eurolepis/>
- Forstpraxis, R. (3. November 2013). Projekt Seltene Baumarten abgeschlossen. *forstpraxis*. <https://www.forstpraxis.de/projekt-seltene-baumarten-abgeschlossen-21359>
- Forstpraxis, R. (26. November 2014). Ursachenanalyse der Ringschäle bei Edelkastanie (*Castanea sativa* [Mill.] in Rheinland-Pfalz. *forstpraxis*. <https://www.forstpraxis.de/ursachenanalyse-der-ringschaele-bei-edelkastanie-castanea-sativa-mill-rheinland-pfalz-21197>
- forstwirtschaft-in-deutschland.de. (2024, 5. Juni). *Eiche wieder auf Rekordniveau – Aufschwung hält an*. <https://www.forstwirtschaft-in-deutschland.de/aktuelles/news-detailansicht/news/eiche-wieder-auf-rekordniveau-aufschwung-haelt-an/>
- Forstzeitung. (NaN). *Die Hopfenbuche*. <https://www.forstzeitung.at/markt/2019/03/baum-des-jahres--die-hopfenbuche.html>
- Frenzel, Isabell, Paeslack, Philipp. (2023). *Prüfung von Nutzungskonzepten für Agroforstsysteme nach §4 GAP DZVO*. https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2023/09/Handreichung-Pruefung-Nutzungskonzept_09_23.pdf
- FVA-BW. (2024a, 10. April). *Holzpreisanalyse für Baumarten mit geringen Verkaufsmengen*. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. <https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/holz-und-markt/holzmarkt/alternative-baumarten>
- FVA-BW. (2024b, 18. April). *Wertholzproduktion mit Birnen und Speierlingen*. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. <https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/nebennutzung/agrarische-waldnutzung/wertholzproduktion-mit-birnen>
- FVA-BW. (2024c, 2. Mai). *Anbau von Schwarznuss und Hybridnuss*. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. <https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/waldbau/bestandesspflege/anbau-von-schwarznuss-und-hybridnuss#c104524>
- FVA-BW. (2024d, 3. Mai). *Wuchshüllen als Minigewächshäuser*. BW, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg - FVA. <https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/waldbau/waldverjuengung/wuchshuelle-n-als-minigewaechshaeuser>
- FVA-BW. (2024e, 3. Mai). *Wuchshüllen in der forstlichen Praxis*. BW, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg - FVA. <https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/waldbau/waldverjuengung/wuchshuelle-n-in-der-forstlichen-praxis>

- FVA-BW. (2024f, 21. Mai). *Kalk im Wald – muss es sein?* Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. <https://www.waldwissen.net/de/lebensraum-wald/waldboden/kalk-im-wald-muss-es-sein>
- FVO. (2024). *Ergebnisse der Submission Pretzfeld und Versteigerung Litzendorf*. <https://fvoberfranken.de/2024/02/14/ergebnisse-der-submission-pretzfeld-und-versteigerung-litzendorf/>
- Gattlen, D. (11. April 2024). Finnische Birken für Forschungsprojekte. *Reussbote*. <https://maserplanten.ch/wp-content/uploads/2024/04/Finnische-Birken-fur-Forschungsprojekte1.pdf>
- Genser, C. (2019). *Anbauversuche mit Paulownien in Weihenstephan: Vortrag 7. Forum Agroforstsysteme*. Technische Universität München. https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2020/02/4_Genser_Paulownien.pdf
- Glasauer, G. (31. August 2021). Junge Baumart für den Klimawandel. *Falkenstein Forst*. <https://falkenstein-forst.de/2021/08/31/junge-baumart-fuer-den-klimawandel/>
- Grulich, H., Gilge, H., Pfeiffer, G., Sandler, J., Spreitzhofer, J. & Stadlmann, H. (2022). *Waldwirtschaft heute: Digi4school* (15. Auflage). Cadmos Verlag.
- Gürth, P. (1970). Wachstum und Wasserhaushalt von Fichten-Verschulpflanzen unterschiedlicher Qualität nach Verpflanzung in das Freiland. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*(141), 160–172.
- Gussone, H. A. (1963). Ergebnisse eines Düngungsversuches zu Kiefern auf nährstoffarmen Boden Norddeutschlands. *AFJZ*(134), 45–53.
- Hausser, K. (1961). Ergebnisse von Düngungsversuchen zu 50- bis 70jährigen Fichtenbeständen auf oberem Buntsandstein des württembergischen Schwarzwaldes. *AFJZ*(132), 269–291.
- Holzkurier. (NaN). *Riegelahorn für 3752 €/fm*. <https://www.holzkurier.com/rundholz/2024/01/suedostbayern-submission-.html>
- info-privatwald.de. (2024, 1. Juni). *Informationsdienst Privatwald | Waldpflege in den Wachstumsphasen*. <https://www.info-privatwald.de/waldpflege-in-den-wachstumsphasen.php>
- IWW Universität Freiburg. (2019). *Agro-Wertholz: Schlussbericht - Agroforstsysteme mit Mehrwert für Mensch und Umwelt* -. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Professur für Landespflege; Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Professur für Waldwachstum. file:///C:/Users/User/Downloads/TIBKAT_1666631248-1.pdf
- Janßen, A. & Šeho, M. (2021). *Anbaueignung von Herkünften der Atlaszeder (Cedrus atlantica), Libanonzeder (Cedrus libani) und Baumhasel (Corylus colurna) in Deutschland*. Bayerisches Amt für Waldgenetik. <https://www.fnr.de/ftp/pdf/berichte/22018914.pdf>
- Kevin Schlotmann, A. D. (4. September 2024). CO2-Killer Kiri-Paulownia: Taugt der Blauglockenbaum als neue Baumart im Forst? *top agrar online*. <https://www.topagrar.com/jagd-und-wald/news/co2killer-kiri-paulownia-taugt-der-blauglockenbaum-als-neue-baumart-im-forst-i-13453074.html>
- Kießling, N. (2024, 16. Juni). *Sägespaltautomat mieten - Wallentin & Partner - Landmaschinen und Kommunaltechnik*. <https://www.wup.de/service/vermietung/item/holzspalter-farmi-mastersplit-wp36-mieten>
- Kosin, L. (9. November 2021). Harvester optimal einsetzen: Tipps für Waldbesitzer. *Bauernzeitung*. <https://www.bauernzeitung.de/agrarpraxis/harvester/>
- Kramer, H. (1988). *Waldwachstumslehre: Ökologische und anthropogene Einflüsse auf das Wachstum des Waldes, seine Massen- und Wertleistung und die Bestandessicherheit*. P. Parey.

- Ktbl. (2024). *Mechanische Feldhygiene*. <https://www.ktbl.de/themen/mechanische-feldhygiene>
- Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V. (2023). *Geldtafeln zum EST 2023*. https://kwf2020.kwf-online.de/wp-content/uploads/2023/07/Geldtafel_KAV_ab_Juli_2023_format.pdf
- KWF. (2023a). *Holzernte*. <http://dbwaldarbeit.kwf-online.de/taetigkeitsbereiche/holzernte/>
- KWF. (2023b). *HOLZERNT: Motormanueller Holzeinschlag*. http://dbwaldarbeit.kwf-online.de/assets/pdfs/he_05_mm_holzeinschlag.pdf
- KWF. (2023c, 8. August). *Holzernte*. <http://dbwaldarbeit.kwf-online.de/taetigkeitsbereiche/holzernte/>
- Landesforsten Niedersachsen. (2023). *32. Buntlaub- und Eichenwertholzsubmission Northeim*. https://www.landesforsten.de/wp-content/uploads/2023/02/ergebnisse_submission_northeim_niedersaechsische_landesforsten_2023.pdf
- Landesforsten Niedersachsen. (2024a). *28. Norddeutsche Nadelwertholzsubmission*. <https://www.landesforsten.de/wp-content/uploads/2024/02/ergebnisse-nadelwertholzsubmission-oerrel-2024.pdf>
- Landesforsten Niedersachsen. (2024b). *3. Buntlaub- und Eichenwertholzsubmission Northeim*. https://www.landesforsten.de/wp-content/uploads/2024/02/submission_northeim_niedersaechsische_landesforsten_2024.pdf
- Landesforsten Niedersachsen. (2024c). *Norddeutschen Nadelwertholzsubmission Oerrel*. <https://www.landesforsten.de/wp-content/uploads/2023/02/ergebnis-nadelholzsubmission-2023.pdf>
- LANDESFORSTEN RHEINLAND-PFALZ. (2024a). *Länderübergreifende Wertholzsubmission*. https://www.wald.rlp.de/fileadmin/website/downloads/wertholz/WHS_2_LUE/23_24_1_ue_7_ergebnis_tabelle.pdf
- LANDESFORSTEN RHEINLAND-PFALZ. (2024b). *Stamm- und Wertholzsubmission Mittelrhein-Mosel*. https://www.wald.rlp.de/fileadmin/website/downloads/wertholz/WHS_3_MRM/23_24_mrm_7_verkaufsbericht.pdf
- Landwirtschaftskammer Niedersachsen. (2024). *Leitfaden zur Verdienst- bzw. Arbeitskostenermittlung in der Landwirtschaft und im Gartenbau*. file:///C:/Users/User/Downloads/Leitfaden%20zur%20Verdienst-%20bzw.%20Arbeitskostenermittlung_Stand_03-24.pdf
- LDA Brandenburg (2009). *ertragstafelhainbuche.pdf*. <https://www.lda.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/ertragstafelhainbuche.pdf>
- Lenz, H. (8. August 2023). 1A Bauholz perfekt und günstig ► Holzland Seibert in Erbach. *Holzland Seibert*. <https://www.holzland-seibert.de/bauholz-in-saegerau-oder-gehobelt/>
- Lüpke, B. von & Röhrig, E. (1978). Versuche mit Fichten-Großpflanzen. *Forst- und Holzwirt*(33), 165–172.
- Lüthy, H. (2005). Nachzucht und Anbau des Nussbaums als Waldbaum. *Wald und Holz*(6), 49–53.
- LWF, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft -. (2024a, 3. Juni). *Die Baumhasel*. <https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/waldbau/waldumbau/die-baumhasel>
- LWF, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft -. (2024b, 13. Juni). *LWF-Merkblatt Nr. 43 – Laubholzastung*.

- <https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/waldbau/lwf-merkblatt-nr-43-laubholzastung>
- LWF-Bayern (1998). Auf die Wurzeln kommt es an! *LWF Merkblatt*(Nr. 4).
<https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/mb-4-pflanzerfolg-wurzel.pdf>
- LWF-Bayern. (2024a, 3. Mai). *LWF-Merkblatt Nr. 40 – Wuchshüllen – Minigewächshäuser im Wald*. LWF, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft -.
<https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/waldbau/waldverjuengung/wuchshuellemn>
- LWF-Bayern. (2024b, 29. Mai). *Die Flatterulme (Ulmus laevis Pall.) - Baum des Jahres 2019*.
<https://www.lwf.bayern.de/waldbau-bergwald/waldbau/109895/index.php>
- LWF-Bayern. (2024c, 9. Juni). *Paulownia – Hoffnungsträger aus Fernost? - LWF-aktuell 96*.
<https://lwf.bayern.de/boden-klima/baumartenwahl/061053/index.php>
- maserpflanzen.ch (2018). Das wertvollste Holz wird zum Kilopreis verkauft – MaserBirke verkäufe gibt es nur sehr wenige. *FORSTWIRTSCHAFT IN FINNLAND*.
https://maserpflanzen.ch/wp-content/uploads/2023/08/Das-wertvollste-Holz-DE_FI.pdf
- Merkt, A. (2023). Die Karelische Birke als Wertholzlieferant. *Wald und Holz*(11), 40–41.
- Mobile Holzsäge Mobiles | Sägewerk Kaemper. (2024, 16. Juni). *Preise*.
<https://www.saegewerk-kaemper.de/preise/>
- Morhart, C [C.], Sheppard, J., Douglas, G., Lunny, R., Spiecker, H [H.] & Nahm, M [M.]. (2015). *Wertholz-Produktion in Agroforst- Ein Leitfaden für die Praxis*. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Professur für Waldwachstum.
- Müller-Kroehling, S. (2023). Die Flatterulme in Bayern. *LWFaktuell*(42), 51–53.
https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/a42_privat-und_koerperschaftswald.pdf
- Nörr, R. (2003). Wurzeldeformationen - ein Risiko für die Bestandesstabilität. *Forstliche Forschungsberichte München*(195), 39–42.
- Nw-fva. (2024, 16. Juni). *Neue Ertragstabeln für Nordwestdeutschland - NW-FVA*.
<https://www.nw-fva.de/unterstuetzen/waldpflege-und-nutzung/neue-ertragstabeln>
- Öffentlichkeitsarbeit, G.-A.-U. G. (2024, 2. Mai). *Chemische Interaktionen mit der Umwelt - Georg-August-Universität Göttingen*. <https://www.uni-goettingen.de/de/76560.html>
- Pirc, H. (2012). *Bäume von A-Z* (2. Aufl.). Garten. Eugen Ulmer Verlag.
- Rast, S. (2023, 10. Oktober). *Berechnung des Derbholzes eines stehenden Baumes • forst-rast.de*. <https://www.forst-rast.de/pflrechner05.html>
- Reeg, T. (Hrsg.). (2009). *EBL-Schweitzer. Anbau und Nutzung von Baumen auf landwirtschaftlichen Flächen*. Wiley.
<http://swb.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=481378>
- Rheinland-Pfalz. (2024a, 17. Juni). *Verkaufsbericht - Wertholzsubmission Pfalz 30.01./01.02.2023 - Eichenpreis steigt um 30 %*. <https://www.wald.rlp.de/start-landesforsten-rheinland-pfalz/service/nachrichten-uebersicht/einzelnachricht/verkaufsbericht-wertholzsubmission-pfalz-300101022023-eichenpreis-steigt-um-30>
- Rheinland-Pfalz. (2024b, 17. Juni). *Verkaufsbericht Wertholzsubmission Pfalz 29./31.01.2024 - Pfälzer Eiche erlöst 1.123 €/fm*. <https://www.wald.rlp.de/start-landesforsten-rheinland-pfalz/service/nachrichten-uebersicht/einzelnachricht/verkaufsbericht-wertholzsubmission-pfalz-29-31012024-pfaelzer-eiche-erloest-1123-eur-fm>
- Sachsenforst. 25. *Säge- und Wertholzsubmission Sachsenforst 25.01.2024*.
https://www.sbs.sachsen.de/download/Submission2024_209_Baumartenerloese_3_Jahre.pdf

- Schulte, A. (2023). *Waldinvestment*. SilvaVest Sustainable Land Use Assets.
- Schulz, V., Sharaf, H., Weisenburger, S., Morhart, C [Christopher], Konold, W., Stolzenberg, K., Spiecker, H [Heinrich] & Nahm, M [Michael]. (2020). *Agroforstsysteme zur Wertholzerzeugung*.
- SDW. (2024, 16. April). *Ulmensterben*. <https://www.sdw.de/ueber-den-wald/gefahren-fuer-den-wald/waldschaedlinge/ulmensterben/>
- SEBA. (2004). *Wertastung*. ETH Zürich. https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/usys/ites/forest-ecology-dam/documents/Dendrologie/SEBA/SEBA2_T4_wertastung_2004.pdf
- Spiecker, H [Heinrich], Konold, W. & Mastel, K. (2011). *Multifunktionale Bewertung von Agroforstsystemen*. Deutsche Bundesstiftung Umwelt. Multifunktionale Bewertung von Agroforstsystemen
- Springmann, S., Morhart, C [Christopher] & Spiecker, H [Heinrich] (2011). Astung von Edellaubbaumarten zur Wertholzproduktion. *AFZ/Der Wald*(06), 4–7. <https://www.iww.uni-freiburg.de/publik/pdf/publikationen-2011/afz-2011-06-04-07.pdf>
- STMELF Bayern. (2024a, 14. Mai). *Holzsortimente - Ordnung ins Holz bringen*. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus. <https://www.waldbesitzer-portal.bayern.de/054770/index.php>
- STMELF Bayern. (2024b, 14. Mai). *Holzvermessung und Holzmerkmale*. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus. <https://www.waldbesitzer-portal.bayern.de/054775/index.php>
- STMELF Bayern. (2024c, 27. Mai). *Der Holzmarkt – von regional bis global*. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus. <https://www.waldbesitzer-portal.bayern.de/054738/index.php>
- TFZ Bayern. (2024). *Aktuelle Scheitholzpreise (Januar 2024)*. <https://www.tfz.bayern.de/festbrennstoffe/energetischenutzung/035134/index.php>
- Thüringer Landesamt für Statistik. (2024, 27. Mai). *Thüringer Landesamt für Statistik*. <https://statistik.thueringen.de/datenbank/definitionen.asp?tabID=nt000541>
- Universität Bielefeld. (2024). *Einverständniserklärung qualitative Interviews*. Universität Bielefeld. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.uni-bielefeld.de/fakultaeten/sportwissenschaft/arbeitsbereiche/ab-iii/downloads/Einverstandniserklärung-qualitative-Interviews.docx&ved=2ahUKEwj2l8SisMeGAXWB9gIHHeHIAaUQFnoECBAQAQ&usg=AOvVaw2JZubFS_Csj9GdZPV2uW_3
- Universität Freiburg. (2019). *Agro-Wertholz: Agroforstsysteme mit Mehrwert für Mensch und Umwelt : Schlussbericht zum Vorhaben : Laufzeit: 01.01.2015 bis 31.12.2017*. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. *Agro-Wertholz: Agroforstsysteme mit Mehrwert für Mensch und Umwelt*.
- Universität Göttingen. (2024, 2. Mai). *Chemische Interaktionen mit der Umwelt - Georg-August-Universität Göttingen*. Georg-August-Universität Göttingen. <https://www.uni-goettingen.de/de/76560.html>
- Vereinigung der Waldaufseher & Tirols, F. (2024a, 5. Juni). *HOPFENBUCHHE*. <https://www.waldaufseher.org/aktuelles/detail/artikel/hopfenbuche/>
- Vereinigung der Waldaufseher & Tirols, F. (2024b, 5. Juni). *HOPFENBUCHHE*. <https://www.waldaufseher.org/aktuelles/detail/artikel/hopfenbuche/>
- Wald und Holz. (2024). *Submission Rheinland 2013-2024*. file:///C:/Users/User/Downloads/20240219_Tabelle_SubmissionRheinland_2013-2024.pdf

- Waldbauernschule Bayern. (2024, 2. Juni). *Auch bei Laubbäumen an Astung denken*.
<https://www.waldbauernschule.bayern.de/274652/index.php>
- Wall, H., Köck, L., Gruber, M. & Zobl, Alexander, Steinegger. (2015). *Laubholz richtig ausgeformt: Empfehlungen zur Steigerung der Wertschöpfung*.
- WBV. (2024). 26. Oberland-Wertholzsubmission - Ergebnis nach Holzarten.
https://www.wbv-holzkirchen.de/wp-content/uploads/2024/02/Ergebnis-nach-HA_2024.pdf
- WBV Coburger Land. (2023a). *Ergebnis Submission 2023*.
<file:///C:/Users/User/Downloads/Subm-Statistik2023.pdf>
- WBV Coburger Land. (2023b). *Ergebnisse Submission 2024*.
<file:///C:/Users/User/Downloads/Statistik%20Submission%202024%20Presse.pdf>
- Wessling, R. (2024, 9. Juni). *Karelische Maserbirke: Hintergrundwissen u. Forschung*.
https://www.edelholzverkauf.de/Karelische-Maserbirke-Hintergrundwissen-u-Forschung:_:66.html
- Woodland Mills Deutschland. (2024, 16. Juni). *HM130MAX Mobiles Sägewerk*.
https://de.woodlandmills.eu/hm130max-portable-sawmill/?gad_source=5&gclid=EAlaIQobChMIrtfHm7LfhgMVMqSDBx1YdgSQEAQYBSABEgJNEvD_BwE
- WSL. (2024a, 18. April). *Die Wildbirne – eine seltene Baumart mit wertvollem Holz*. Eidg. Forschungsanstalt WSL. <https://www.waldwissen.net/de/lebensraum-wald/baeume-und-waldpflanzen/laubbaeume/die-wildbirne-eine-seltene-baumart-mit-wertvollem-holz>
- WSL. (2024b, 2. Mai). *Wurzelgerechte Pflanzung: Das Rhodener Pflanzverfahren*. Eidg. Forschungsanstalt WSL.
<https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/waldbau/pflanzenanzucht/das-rhodener-pflanzverfahren>
- WSL, Eidg. Forschungsanstalt WSL -. (2024, 2. Juni). *Wertastung – Lehrmittel zur natürlichen und künstlichen Astreinigung*.
<https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/waldbau/bestandesspflege/lehrmittel-zur-wertastung>
- WUH, Landesbetrieb Wald und Holz NRW -. (2024a, 3. Juni). *Kurzportrait Edelkastanie *(Castanea sativa)*
<https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/waldbau/kurzportrait-edelkastanie>
- WUH, Landesbetrieb Wald und Holz NRW -. (2024b, 3. Juni). *Kurzportrait Tulpenbaum *(Liriodendron tulipifera)*
<https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/waldbau/kurzportrait-tulpenbaum>
- WUH, Landesbetrieb Wald und Holz NRW -. (2024c, 9. Juni). *Kurzportrait Große Küstentanne *(Abies grandis)*
<https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/waldbau/grosse-kuestentanne>

Abbildungsquellen

Abbildung 1	(Morhart et al., 2015)
Abbildung 2	(Schulz et al., 2020)
Abbildung 3	(Schulz et al., 2020)
Abbildung 4	(Schulz et al., 2020)
Abbildung 5	(Bartsch et al., 2020)
Abbildung 6	(Grulich et al., 2022)
Abbildung 7	(Bartsch et al., 2020)
Abbildung 8	(Bartsch et al., 2020)
Abbildung 9	(Kramer, 1988)
Abbildung 10	(Kramer, 1988)
Abbildung 11	(Kramer, 1988)
Abbildung 12	(BMEL-Statistik, 2024; Grulich et al., 2022)
Abbildung 13	(Bartsch et al., 2020)
Abbildung 14	(BMEL-Statistik, 2024)
Abbildung 15	(Kramer, 1988)
Abbildung 16	(forstwirtschaft-in-deutschland.de, 2024)
Abbildung 17	Eigene Darstellung
Abbildung 18	Eigene Darstellung
Abbildung 19	Eigene Darstellung
Abbildung 20	Eigene Darstellung
Abbildung 22	Eigene Darstellung
Abbildung 23	Eigene Darstellung
Abbildung 24	Eigene Darstellung

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst, ganz oder in Teilen noch nicht als Prüfungsleistung vorgelegt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Sämtliche Stellen der Arbeit, die benutzten Quellen im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, habe ich durch Quellenangaben kenntlich gemacht. Ich erkläre mein Einverständnis zur Überprüfung der von mir eingereichten Arbeit auf Plagiate durch eine Anti-Plagiatssoftware. Zu diesem Zweck stelle ich eine anonymisierte elektronische Form des Dokuments in gängigem Format zur Verfügung. Darüber hinaus wurden keinerlei Programme mit künstlicher Intelligenz genutzt.

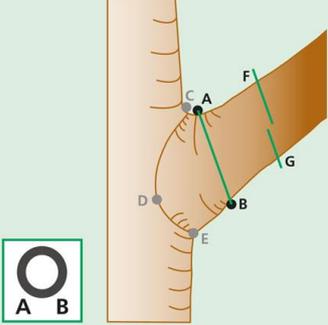
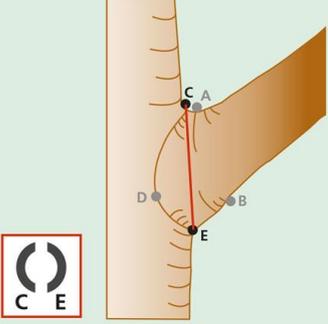
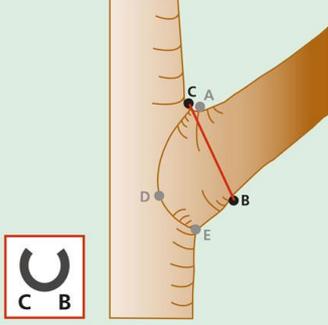
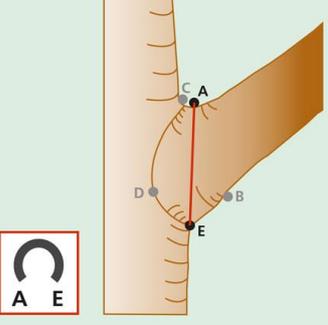
Hermann Darr:

Anhang

Anhangsverzeichnis

Anhang 1: Übersicht über richtige und falsche Schnittführungen und Überwallungsreaktionen bei Wertastungen.....	b
Anhang 2: Ergebnisprotokoll Befragung L. Weyherter	c
Anhang 3: Ergebnisprotokoll Befragung M. Riedmann	d
Anhang 4: Ergebnisprotokoll Befragung D. Hanke.....	e
Anhang 5: Arbeitsabfolge Rhodener Pflanzverfahren	f
Anhang 6: Holzmerkmale und deren Messung nach RVR	h
Anhang 7: Qualitätsrichtlinien für Wertholz in Österreich.....	o
Anhang 8: Submissionsergebnisse 2023	u
Anhang 9: Submissionsergebnisse 2024	v
Anhang 10: Systemplan im 20. Standjahr nach Entnahme der ersten Hainbuchen	w
Anhang 11: Systemplan im 40. Standjahr	w
Anhang 12: Kostenkalkulation baumartenindividuell	x
Anhang 13: Umsätze nach Baumarten	y

Anhang 1: Übersicht über richtige und falsche Schnitfführungen und Überwallungsreaktionen bei Wertastungen

Schema der Schnitfführung	Schnitfführung und Überwallungsreaktion	Erklärung
		<p>Richtige Schnitfführung:</p> <p>F/G: Entlastungsschnitt bei stärkeren Ästen, er verhindert das Aufreißen der Rinde. Es dürfen keine Stummel belassen werden.</p> <p>A-B: Optimale Schnitfführung, keine Verletzung am Astkragen (der wulstige Bereich unterhalb der Rindenleiste C-D), kleine Wundfläche, es kommt zu einer kreisrunden Überwallung.</p>
		<p>C-E: Schlechter Schnitt:</p> <p>Der Astwulst wird oben und der Astkragen unten verletzt. Die Überwallung ist unvollständig und oben wie unten unterbrochen.</p>
		<p>C-B: Schlechter Schnitt:</p> <p>Der Astwulst wird oben verletzt. Die Überwallung ist unvollständig und oben unterbrochen.</p>
		<p>A-E: Schlechter Schnitt:</p> <p>Der Astkragen wird unten verletzt. Die Überwallung ist unvollständig und unten unterbrochen.</p>

Quelle: LWF, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2024b)

Anhang 2: Ergebnisprotokoll Befragung L. Weyherter

Expertenbefragung 1

Leo Weyherter (Rundholzeinkäufer bei Schorn & Groh GmbH)

Ergebnisprotokoll

Qualitätsansprüche Furnierholz:

- Wichtigstes Merkmal gleichmäßige Jahrringbreiten
- Ist gleichzeitig entscheidend für die Preisgestaltung
- Jahrringbreite liegt bei hochwertigem Eichenholz bei 0,2-0,3mm
- Bei anderen Baumarten abweichend, da immer Baumartenspezifisch, aber wesentlich enger, als dass was im Agrofrost realisiert werden kann
- Nur 1% des Holzes aus Deutschland hat Qualitätsklasse A

Holzmarkt:

- Vor allem Eiche gefragt, die restlichen Arten werden nur eingekauft, wenn die Qualitäten stimmen
- Sieht hohe Nachfrage nach qualitativ hochwertigem Schnittholz
- Am besten Submissionsunabhängig vermarkten, da bei den erzielbaren Preisen in den meisten Fällen nicht die Qualität, sondern der Submissionsort entscheidet
 - ➔ Je nach Händleranzahl, Konkurrenz, Auftragslage der Einkäufer
 - ➔ Bietergefechte verzerren die Ergebnisse der Submissionen teilweise sehr stark, vor allem bei niederen Qualitäten
 - ➔ Bei den Qualitäten, die aus Agroforstsystemen angeboten werden, besteht aufgrund der breiten Jahrringe die Gefahr, dass die Holzeinkäufer die Preise drücken und es im Vergleich zu den weiteren angebotenen Stämmen, als „Ramschware“ angesehen wird

Holz aus Agroforstsystemen/Empfehlungen:

- Definitiv keine Furnierqualität, da viel zu breite Jahrringe
- Bei den Wachstumsraten und Umtriebszeiten eher hochwertiges Schnittholz der Klasse A/B, bei zu breiten Jahrringen sogar nur Qualität B, trotz der Astfreiheit
- Am besten Submissionsunabhängig direkt an Sägewerke vermarkten, da hier bessere Preise erzielt werden können
- Längere Umtriebszeiten mit langsamerem Wachstum, enger pflanzen, Konkurrenz erzeugen → führt auch zu gleichmäßigerem Jahrringaufbau

Anhang 3: Ergebnisprotokoll Befragung M. Riedmann

Expertenbefragung 2

Martin Riedmann (Rundholzeinkäufer beim Furnierwerk Fritz Kohl GmbH & Co. KG)

Ergebnisprotokoll

Qualitätsansprüche Furnierholz:

- Saubere Schaftlänge, nicht zu schnell gewachsen
- Jahringbreite stark abhängig von der Baumart
- Gute Furnierstämme stehen in geschlossenen Beständen
- Selbst nach 80 Jahren keine Furniere zu erwarten zu kurze Umtriebszeit, wenn Einzelfälle je nach Baumart

Holzmarkt:

- Vor allem Eiche gefragt, die restlichen Arten werden nur eingekauft, wenn die Qualitäten stimmen
- Schwer abzuschätzen, wie Märkte in 80 Jahren aussehen, aber die Qualitätsansprüche werden eher steigen als sinken
- Gerade kein Markt für Buntlaubhölzer vorhanden, gesamte Furnierbranche setzt auf Eiche

Holz aus Agroforstsystemen/Empfehlungen:

- Bei Systemen mit großen Abständen und sehr schnellem Wachstum keine Furnierqualität, er sieht höchstens mittlere Sägequalität, zumal hohes Risiko Wasserreiserbildung
- Sieht bei den weiten Systemen nur Potential bei Walnuss und Schwarznuss
- Systeme enger stellen, Konkurrenz erzeugen und Wachstum verlangsamen

Anhang 4: Ergebnisprotokoll Befragung D. Hanke

Expertenbefragung 3

Dieter Hanke (Landesbetriebsleitung Abteilung Rohholzverkauf, HessenForst)

Ergebnisprotokoll

Qualitätsansprüche Furnierholz:

- Je nach Sortiment Jahrringbreite weniger relevant, z.B. Nusshölzer, Kirsche
- Je höher BHD, desto besser
 - ➔ Mehr Wahlmöglichkeiten für Käufer bei der späteren Sortimentsaushaltung
 - ➔ Bereit höhere Preise zu zahlen

Holzmarkt:

- Buntlaubholz hat aktuell eine sehr schlechte Nachfrage, Zukunft unbekannt
- Hohe Nachfrage nach qualitativ hochwertigem Schnittholz
- Preise für Buntlaubholz und die niedrigeren Sortimente A/B im Vergleich zu Submissionen lassen sich realistisch über die Buchen-/Eichenpreise einordnen
- Beispiel Pappelanbau: in 50er Jahren Empfehlung auf landwirtschaftlichen Flächen, zum ernte Zeitpunkt 60 Jahre später: schlechte Qualitäten, Pappelnachfrage stark gesunken, die erzielten FM-Preise lagen unter 50€

Holz aus Agroforstsystemen/Empfehlungen:

- Furnierqualitäten lassen sich nicht erzeugen
- Bei weiten Pflanzabständen Wasserreiserbildung, u.a. bei Kirsche, deutliche Wertminderung, zusätzliche Kosten für Pflegearbeiten stehen in keinem Verhältnis zu den erzielbaren Erlösen
- Auf landwirtschaftlichen Flächen wesentlich höhere Wuchsleistungen möglich, Ertragstafeln eventuell nicht anwendbar
- Zu breite Jahrringe führen selbst bei Sägeholz zu schlechten Qualitäten, da die physikalischen Eigenschaften negativ beeinflusst werden
 - ➔ Unter Umständen nur B-Qualitäten wegen den breiten Jahrringen
- Auf jeden Fall enger Pflanzen
- Dienende Baumarten einsetzen → Hainbuche
- Kirsche/Nuss anbauen → bei langsamem Wachstum (80 Jahre) große Nachfrage als Sägeholz
- Nadelhölzer integrieren: Douglasie, Große Küstentanne, Lärche
- Am besten Hybridlärche: gleiches Wachstum wie Douglasie, Holz hat trotzdem die gleichen physikalischen Eigenschaften und ist sehr gefragt
- Douglasiensägeholz hat rasch steigende Nachfrage in den letzten 30 Jahren
- Maserbirke (eigene Art) aus Skandinavien, hat große Nachfrage in Nordeuropa und ist exportwürdig
- Baumhasel, Palownia betrachten und eventuell einbeziehen
- Eher waldähnliches System: Konkurrenz sehr wichtig, um Wachstum zu verlangsamen und Qualität zu steigern

Anhang 5: Arbeitsabfolge Rhodener Pflanzverfahren



1) Schlagen:

- › aufrechte Körperhaltung
- › weite Schrittstellung
- › Einschlagstelle auf Höhe des vorderen Fusses
- › je nach Bodenbeschaffenheit und Wurzelgröße sind 2 bis 5 Schläge notwendig



2) Lockern:

- › Lockern des Erdreiches nach jedem Schlag durch Aushebeln der Haue nach vorn, wodurch ein Keller entsteht.
- › Der zweite und dritte Schlag wird jeweils ca. 5–10 cm weiter vorn eingeschlagen und ein bisschen tiefer, bis man die gewünschte Tiefe erreicht hat. Variante: bei breiten Wurzeln zwei Schläge nebeneinander.



3) Aufreißen:

- › Um das Loch zu öffnen, die Haue nach hinten drücken, bis das Hauenblatt senkrecht steht.
- › Die Haue bleibt im Loch.



4a)

- › Zum Setzen die Wurzeln zusammenhalten, damit sie nicht nach oben gebogen werden. Niederknien.



4b)

- › Die Pflanze entlang des Hauenblattes in das Loch einführen und gleichzeitig mit dem Herausziehen der Haue die Wurzel ganz in den Keller schieben.
- › Das Bäumchen ist jetzt viel zu tief gesetzt.



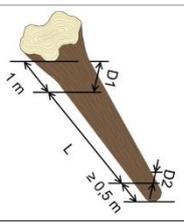
4c)

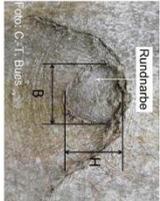
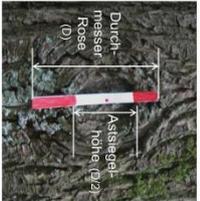
- › Lockere Erde um die Wurzeln verteilen.

		
<p>4d)</p> <ul style="list-style-type: none">› Pflanze soweit aus dem Loch ziehen, wie sie früher im Boden war.› Somit richten sich alle Wurzeln nach unten.	<p>4e)</p> <ul style="list-style-type: none">› Die Pflanze in der Mitte des Loches gerade richten.	<p>5) Das Loch schliessen:</p> <ul style="list-style-type: none">› Lockeres Erdreich um die Pflanze verteilen.› Zirka 15 cm hinter der Pflanze mit der Haxe einstechen.› Das Hauenblatt nach vom Richtung Pflanze drücken, der Keller wird geschlossen.› Die Pflanze dabei festhalten und gegebenenfalls gerade richten.› In der Regel muss nicht mehr mit den Füßen festgetreten werden.

Quelle: WSL (2024)

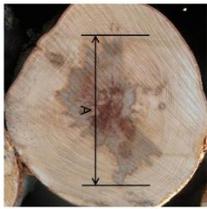
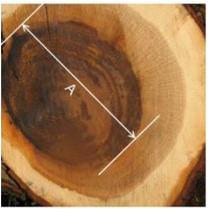
Anhang 6: Holzmerkmale und deren Messung nach RVR

Anlage VIII Messung der Merkmale		
Abholzigkeit	Definition	Messung
 <p>bei Waldvermessung</p>	<p>Abnahme des Durchmessers im Verlauf der Längsachse des Rundholzes</p>	<p>Differenz der zwei an den unterschiedlichen Enden ermittelten Durchmesser (D1, D2) in Zentimeter, geteilt durch den Abstand in Meter (L) der Messpunkte, angegeben in cm/m:</p> <p>Abholzigkeit = (D1 - D2) / L in cm/m</p> <p>zu beachten:</p> <p>Der Durchmesser ist mindestens 50 cm von den Stammenden zu messen, bei Erdstammstücken 1 m vom stärkeren Ende entfernt.</p> <p>Der Durchmesser ist ohne Rinde zu ermitteln und bei unregelmäßigen Querschnitten aus zwei senkrecht zueinander stehenden Messungen herzuleiten.</p>
Äste, sichtbar	Definition	Messung
	<p>Äste, die an der Mantelfläche des Rundholzes sichtbar sind</p>	<p>Name der Mantelfläche kleinste Durchmesser (D) des Astes in Zentimeter zu messen. Der umgebende Kallus ist nicht zu berücksichtigen.</p>
	<p>Gesunder Ast: Ast ohne Anzeichen von Fäulnis</p>	
	<p>Verwachsener Ast: Ast, der auf der Sichtsseite mit seinem vollen Querschnittsumfang mit dem umgebenden Holz verwachsen ist</p>	
	<p>Nicht verwachsener Ast: Ast, der an der Sichtsseite von einem schwarzen Ring umgeben oder nicht vollständig mit dem umgebenden Holz verwachsen ist; im Regelfall handelt es sich um einen Totast.</p>	

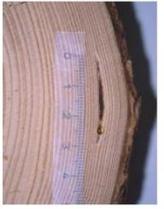
Äste, sichtbar	Definition	Messung
	<p>Faulast: Ast mit erkennbarer Weichfäule</p>	
Äste, überwallt	Definition	Messung
	<p>Äste, die an der Mantelfläche des Rundholzes nicht unmittelbar sichtbar sind</p>	<p>Messung der Höhe (H) und Breite (B) der Rundnarbe in Zentimeter, angegeben als Verhältnis von Rundnarbenhöhe zu Rundnarbenbreite</p>
	<p>Rundnarben (= Aststiegele) zeigen sich auf der Mantelfläche von glattrindigen Baumarten besonders deutlich. Die Rundnarbenhöhe gibt Hinweise auf den Durchmesser des überwallten Astes. Als Chinesenbart wird die Winkelnarbe (=Rindenquerschnitt) an glattrindigen Baumarten bezeichnet (SCHULZ, H., 1961).</p>	<p>Der halbe Wert des Durchmessers in Stamm-längsrichtung der äußersten vollständigen konzentrischen Rindenquerschnitte um das Aststiegele (RICHTER, C., 2010).</p> <p>Hinweis:</p> <p>Die Abgrenzung des eigentlichen Aststiegeles gegenüber der Rose wird mit zunehmender Überwallungsdauer unschärfer.</p>
	<p>Rosen kommen an grob-borkigen Baumarten, z.B. Eichen vor. Sie bilden sich als mehr oder weniger runde Rindenstüchungen um das Aststiegele (RICHTER, C., 2010).</p>	
	<p>Nägel sind abgestorbene Wasserteile mit einer Aststiegelehöhe von weniger oder gleich 1 cm.</p>	

<p>Exzentrizität der Markröhre</p>		<p>Definition</p> <p>Abweichung der Lage der Markröhre vom geometrischen Mittelpunkt der Querschnittsfläche des Rundholzes</p> <p><i>Hinweis:</i> Der geometrische Mittelpunkt ist der Schnittpunkt zweier senkrecht zueinander stehender Durchmesser, möglichst des größten und kleinsten Durchmessers der Stimmfläche (D1 und D2).</p>	<p>Messung</p> <p>An der Stimmfläche ist der Abstand (A) der Markröhre vom geometrischen Mittelpunkt der Stimmfläche in Zentimeter zu ermitteln und als Prozentsatz bezogen auf den Durchmesser (Mittel aus D1 und D2) der betreffenden Stimmfläche anzugeben:</p> $A / ((D1 + D2) / 2) * 100$ <p>zu beachten: Der Durchmesser ist ohne Rinde zu ermitteln und bei unregelmäßigen Querschnitten aus zwei senkrecht zueinander stehenden Messungen herzuleiten.</p>
<p>Drehwuchs</p>		<p>Definition</p> <p>spiralförmige Anordnung der Holzfasern um die Markröhre</p>	<p>Messung</p> <p>Die Messung erfolgt an der Stelle der stärksten Faserneigung auf der Mantelfläche. Dabei bleibt bei einem Erststammstück der erste Meter des Wurzelanlaufs unberücksichtigt.</p> <p>Gemessen wird die Abweichung des Faserverlaufs (Af) von einer Parallelen zur Stammachse in Zentimeter über eine Strecke von einem Meter.</p> <p>Af in cm/m</p>
<p>Rotkern</p>		<p>Definition</p> <p>rot oder braun verfärbter, deutlich abgegrenzter Kernteil von Buchenholz</p>	<p>Messung</p> <p>An der Stimmfläche mit der größten Merkmalsausprägung ist der größte Abstand (A) zwischen zwei parallelen Tangenten des im Querschnitt sichtbaren Rotkerns zu ermitteln, angegeben als Prozentsatz des Durchmessers der beurteilten Stimmfläche.</p> <p>zu beachten: Der Durchmesser ist ohne Rinde zu ermitteln und bei unregelmäßigen Querschnitten aus zwei senkrecht zueinander stehenden Messungen herzuleiten.</p>

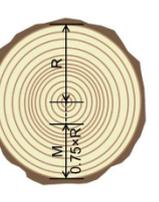
<p>Auswuchs (Wasserreiserkropf)</p>		<p>Definition</p> <p>beulenförmige Aufwölbung um eine Gruppe von Wasserreisern</p>	<p>Messung</p> <p>keine Messung, Vorkommen vermerken</p>
<p>Beulen</p>		<p>Definition</p> <p>lokale Anschwellungen der Mantelfläche des Rundholzes</p> <p><i>Hinweis:</i> Beulen zeigen i.d.R. überwallte Äste an.</p>	<p>Messung</p> <p>keine Messung, Vorkommen vermerken</p>

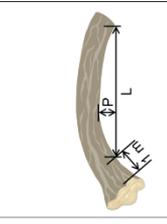
	<p>Spritzkern</p>	<p>Definition</p> <p>Sonderform des Rotkerns, der an den Stirnflächen von Buchenstammholz in unregelmäßiger, häufig sternförmiger Art erscheint</p>	<p>Messung</p> <p>Messung wie Rotkern</p>
	<p>Fäule (Eiche)</p>	<p>Definition</p> <p>Zersetzung des Holzes durch Pilze oder andere Mikroorganismen, die zum Erweichen und zunehmenden Verlust an Masse und Festigkeit sowie oft zu einer Änderung von Textur und Farbe führt.</p>	<p>Messung</p> <p>Ermittlung des größten Abstands (A) zwischen zwei parallelen Tangentialen der im Querschnitt sichtbaren Fäule, angegeben als Prozentsatz des Durchmessers der beurteilten Stirnfläche.</p> <p>zu beachten: Als Bezugsdurchmesser bei Erdstammstücken gilt der 1 m vom stärkesten Ende entfernte mittlere Durchmesser. Der Durchmesser ist ohne Rinde zu ermitteln und bei unregelmäßigen Querschnitten aus zwei senkrecht zueinander stehenden Messungen herzuleiten.</p>
	<p>Weißfäule (Buche)</p>	<p>Definition</p> <p>Fäule, die von Pilzen verursacht wird, die die Zellulose, die Hemicellulose und das Lignin angreifen und dabei allgemein die Farbe des Holzes aufhellen und dieses zersetzt.</p>	<p>Messung</p> <p>siehe Fäule</p>

49/60

	<p>Weichfäule/Faulstellen (Nadelholz)</p>	<p>Definition</p> <p>Fäule, die von Lignocellulose angreifenden Mikroorganismen verursacht wird und die Festigkeitseigenschaften des Holzes vermindert</p> <p>Weichfäule tritt in fortgeschrittener Ausprägung flächig, oftmals zentrisch auf</p>	<p>Messung</p> <p>keine Messung, Vorkommen vermerken</p>
	<p>Hartfäule/Fauflecken (Nadelholz)</p>	<p>Definition</p> <p>frühes Stadium der Fäule, die durch verfarbte Bereiche, oder kleinere Fauflecken, gekennzeichnet ist; die allgemeine Textur und die Festigkeitseigenschaften des Holzes sind noch mehr oder weniger unverändert.</p> <p>Hinweis: Bel- und Nagelfestigkeit ist noch gegeben.</p>	<p>Messung</p> <p>An der Stirnfläche ist die größte Ausdehnung der Hartfäule in radialer Richtung (1) zu messen und das Verhältnis zum Durchmesser der beurteilten Stirnfläche anzugeben.</p> <p>zu beachten: Der Durchmesser ist ohne Rinde zu ermitteln und bei unregelmäßigen Querschnitten aus zwei senkrecht zueinander stehenden Messungen herzuleiten.</p>
	<p>Harzgallen</p>	<p>Definition</p> <p>linsenförmige Hohlräume im Holz, die Harz enthalten oder emittieren können</p>	<p>Messung</p> <p>keine Messung, Vorkommen vermerken durch Stückzählung der Harzgallen pro Stirnfläche</p>

50/60

Insektenfraßgänge (im Holz)		Definition biologischer Holzabbau durch Insekten, die Fraßgänge im Holz verursachen	Messung Vermerken des Vorkommens, differenziert nach Bohrlöcherdurchmesser in Millimeter
< 2mm 			
> 2mm 			
durchschnittliche Jahrringbreite		Definition Zuwachs, ausgedrückt als durchschnittliche Breite der Jahrringe	Messung Am schwächeren Ende sind von der Rinde her auf einer Strecke (M) von 75% des Stirnfächendius die Jahrringe zu zählen. Die durchschnittliche Jahrringbreite ergibt sich aus der Teilung der Strecke in mm durch die Anzahl der Jahrringe.

einfache Krümmung bei Waldvermessung		Definition Abweichung der Längsachse des Rundholzes von der Geraden die nur durch eine Biegung in einer Ebene gekennzeichnet ist Hinweis: Eine mehrfache Krümmung ist gekennzeichnet durch mindestens zwei Biegungen in einer oder mehreren Ebenen.	Messung Ermittlung des maximalen Abstandes in cm (Pfeilhöhe = P) zwischen der konkaven Mantelfläche und einer die innersten Punkte der Stirnenden verbindenden Geraden (L) in Meter; die Angabe erfolgt in Zentimeter pro Meter.
		Bei Erdstammstücken beginnt die Krümmungsmessung in 1 m Abstand vom Stammfuß. Bei mehrfacher Krümmung ist das Stammstück mit theoretischen Schnitten (im Bereich des Wendepunktes der Krümmung) in einfach gekrümmte Abschnitte (L 1, L 2) zu unterteilen. Die Krümmungswerte der einzelnen Abschnitte sind getrennt nach den Regeln für die einfache Krümmung zu ermitteln.	
Mondring		Definition Dem Splintholz in Farbe und Eigenschaften ähnliche, ringförmige Bereiche im Kernholz	Messung keine Messung, Vorkommen vermerken

	<p>Reaktionsholz</p>	<p>Definition</p> <p>Holz mit abweichendem Faserlaufbau. Durch die spezifische Ausbildung der Festigungselemente ist das Reaktionsholz darauf ausgerichtet, Scheitelstumpen oder Krümmungen der Sprossachse zu beseitigen.</p> <p>Druckholz ist im Querschnitt an der dunkleren Färbung erkennbar.</p> <p>Hinweis: Reaktionsholz wird bei Nadelholz als Druckholz und bei Laubholz als Zugholz bezeichnet.</p>	<p>Messung</p> <p>Messung der Breite (n) des Reaktionsholzes in radialer Richtung und Angabe als Prozentsatz, bezogen auf den Durchmesser (D) der betreffenden Strömfläche</p> <p>zu beachten: Mehrere Vorkommen des Markmas in einer Richtung sind ggf. aufzusummieren. Der Durchmesser ist ohne Rinde zu ermitteln und bei unregelmäßigem Querschnitt aus zwei senkrecht zueinander stehenden Messungen herzuablesen.</p>
	<p>Rindenschäden</p>	<p>Definition</p> <p>oberflächliche Wunden, die ganz oder teilweise überwachsen sein können (z. B. Sommerbrand oder Schlagschäden, vgl. Abbildung)</p>	<p>Messung</p> <p>keine Messung, Vorkommen vermerken</p>
	<p>Riss</p>	<p>Definition</p> <p>Trennung längs der Holzfasern</p> <p>Hinweis: Seichte, oberflächliche Trocknungsrisse (siehe Bild) stellen kein entwertendes Holzmerkmal dar!</p>	<p>Messung</p>

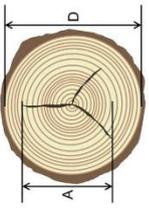
53/60

	<p>Kernriss</p>	<p>Definition</p> <p>von der Marktröhre ausgehender, radial verlaufender Endriss (Endriss = Riss, der an der Stummholzfläche auftritt)</p>	<p>Messung</p> <p>Messung der sichtbaren Risslänge (A), angegeben als Bruchteil des Durchmessers (D) der Strömfläche.</p> <p>zu beachten: Der Durchmesser der Strömfläche ist ohne Rinde zu ermitteln und bei unregelmäßigen Querschnitten aus zwei senkrecht zueinander stehenden Messungen herzuablesen.</p>
	<p>einfacher Kernriss</p>	<p>Definition</p> <p>Kernriss, der aus einem oder zwei in eine Richtung verlaufenden Rissen besteht.</p>	<p>Messung</p> <p>Messung der sichtbaren Risslänge (A), angegeben als Bruchteil des Durchmessers (D) der Strömfläche.</p>
	<p>durchgehender einfacher Kernriss</p>	<p>Definition</p> <p>Ein durchgehender einfacher Kernriss tritt an der Strömfläche auf und setzt sich zweimal auf der Mantelfläche fort.</p> <p>Hinweis: Rissbilder sind Momentaufnahmen und können sich mit der Zeit verändern.</p>	<p>Messung</p> <p>Messung der sichtbaren Risslänge (R) entlang der Stammachse.</p>

54/60

<p>Splint</p> 	<p>Definition</p> <p>äußere Zone des Holzes, die der Wasserleitung des Baumes dient und lebende Zellen (Parenchymzellen) enthält</p> <p><i>Hinweis:</i> Der Splint ist farblich nicht immer deutlich vom Kernholz unterscheidbar</p>	<p>Messung</p>
<p>Splintfäule</p> 	<p>Definition</p> <p>Fäule, die sich auf das Splintholz beschränkt.</p>	<p>Messung</p> <p>An der Stirnfläche des schwächeren Endes ist die größte Ausdehnung der Splintfäule (r) in radialer Richtung zu messen.</p>
<p>Stammrockenheit</p> 	<p>Definition</p> <p>vor der Fällung bereits abgestorbener, noch nicht von holzzerstörenden Insekten oder Pilzen befallener Baum</p>	<p>Messung</p> <p>keine Vermessung, Vorkommen vermerken</p>

56/60

<p>Sternriss</p> 	<p>Definition</p> <p>Kernrissbild, das aus zwei oder mehreren in verschiedenen Richtungen verlaufenden Rissen besteht</p> <p><i>Hinweis:</i> Sternrisse gehören zur Gruppe der mehrfachen Kernrisse, wozu auch die Kreuzrisse zählen.</p>	<p>Messung</p> <p>Ermittlung des größten Abstandes (A) zwischen zwei Parallelen (mittels Kluppe) die den Enden der Radialrisse folgen, angegebener als Bruchteil des Durchmessers (D) der Stirnfläche</p> <p><i>zu beachten:</i> Der Durchmesser ist ohne Rinde zu ermitteln und bei unregelmäßigen Querschnitten aus zwei senkrecht zueinander stehenden Messungen herzuleiten.</p>
<p>Ringriss/Ringschäle</p> 	<p>Definition</p> <p>Riss, der dem Verlauf eines Jahresringes folgt und sich auf der Stirnfläche zeigt.</p>	<p>Messung</p> <p>Messung des Durchmessers (A) jenes Kreises in dem der Ringriss als Bogen auftritt, ausgedrückt als Bruchteil des Durchmessers (D) der Stirnfläche</p> <p><i>zu beachten:</i> Der Durchmesser ist ohne Rinde zu ermitteln und bei unregelmäßigen Querschnitten aus zwei senkrecht zueinander stehenden Messungen herzuleiten.</p>
<p>Frostriss</p>  <p><small>Foto: Staatsforstamt, Sachsenforst.</small></p>	<p>Definition</p> <p>radial vom Splint in Richtung Markhöhre verlaufender längerer Riss, der durch Frosteinwirkung am stehenden Baum entstanden ist.</p>	<p>Messung</p> <p>keine Messung, Vorkommen vermerken</p>

55/60

T-Flecken/T-Krebs (und andere Nekrosen)	Definition	Messung
	<p>Wundnarben durch kleinflächig abgestorbenes Kambium an Laubbäumen, insbesondere an Buche, auf der Stirfläche werden die Überwallungen als T-Flecken sichtbar.</p>	<p>Zählung der äußeren Merkmale auf dem Stammanteil</p>
Verfärbung	Definition	Messung
 <p>Foto: R. Munsch</p> <p>Foto: R. Munsch</p>	<p>jede Änderung der natürlichen Farbe des Holzes, die keine Verminderung der Festigkeit bewirkt <i>hier: Bläue</i></p>	<p>keine Messung, Vorkommen vermerken</p>

57/60

Wasserreiser	Definition	Messung
	<p>durch Austreiben einer schlafenden Knospe entstanden; bis zu 2 cm dicker Ast. Als Sekundärast ist er in der Regel nicht mit der Markhöhle verbunden.</p>	<p>keine Messung, Vorkommen vermerken</p>
Klebäste	Definition	Messung
	<p>Ab 2 cm Astdurchmesser wird ein solcher Sekundärast als Klebast bezeichnet.</p> <p><i>Hinweis:</i> Klebäste sind den gesunden Ästen zuzuordnen. In holztechnologischer Hinsicht unterscheiden sie sich jedoch von Primärästen.</p>	<p></p>

58/60

Quelle: (DFWR & DHWR, 2023)

Anhang 7: Qualitätsrichtlinien für Wertholz in Österreich

<p>Birke</p> <p>Verbreitung in Österreich: 0,6 % des Gesamtvorrats; 6,8 Mio. Vfm</p> <p>Merkmale des Holzes Das Holz des Splintholzbaumes ist elfenbeingel bis graurötlich. Das Holz ist matt glänzend und dekorativ.</p> <p>Eigenschaften Birkenholz ist mäßig schwer, mittelhart und schwer spaltbar; es ist ein zähes und elastisches, wenig schwindendes Holz. Die Witterungsbeständigkeit ist gering.</p> <p>Verwendung Edelfurniere; Birkenholz wird für Parkettholz, im Innenausbau für Sitzmöbel und für verschiedene Drechselwaren verwendet. Wegen seiner hohen Spaltfestigkeit werden Zwirnspullen fast ausschließlich aus Birkenholz erzeugt.</p>		Güteklasse		
		F	A	B
Merkmal	1,5 m aufwärts	2,5 m aufwärts	2 m	
Länge	40 cm	25 cm	20 cm	
Durchmesser	äußerlich ast- und beulentfrei	bis 3 m astfrei; zulässig: ab 3 m ein gesunder Ast bis 4 x 6 cm pro fhm	zulässig: ein gesunde Ast bis max. 8 cm pro fhm	
Äste				
Risse	ausgeschlossen: Eisrisse, Kreuzrisse, Spinnern; praktisch rissfrei; zulässig ein gerader Riss bis zur Kernhöhe, der darf max. Länge des MDM haben	zulässig: bis 3 m ein Riss, ab 3 m an beiden Enden je ein Riss bis zur Kernhöhe, darf max. Länge des MDM haben darf	zulässig: gerade Risse, an beiden Enden, deren gesamte Länge max. der doppelte MDM sein darf	
Farbe	hell; zulässig: Kernfarbe bis 20 % vom Zapfdurchmesser	hell; zulässig: Kernfarbe max. 20 % des Zapfdurchmessers	zulässig: Kernfarbe bis 30% vom Zapfdurchmesser	
Krümmung	praktisch gerade	bis 4 m praktisch gerade; zulässig: ab 4 m einseitige Krümmung bis zu 2 cm Pfeilhöhe pro fhm maximal bis 10 cm Pfeilhöhe	einfache Krümmung bis zu 3 cm Pfeilhöhe pro fhm max. bis 15 cm Pfeilhöhe	
Drehwuchs	keiner	keiner	leichter Drehwuchs	
Pilze und Insekten	unzulässig	unzulässig	unzulässig	

C - Qualität: sind jene Stämme, die Merkmale in einem größeren Ausmaß aufweisen als diese in Güteklasse B zulässig sind; Ware muss jedoch noch als Sägenrundholz verwendet werden können

<p>Ahorn</p> <p>Verbreitung in Österreich: 1,3 % des Gesamtvorrats; 15 Mio. Vfm</p> <p>Merkmale des Holzes Es gibt drei Ahornarten: Bergahorn und Feldahorn besitzen das weißeste und am meisten gesuchte (gelbweiße) Holz. Das Holz des Spitzahorn ist hingegen meist rötlichweiß bis hellbraun. Bergahorn und Spitzahorn gehören zu den Splintholzbaumern, Feldahorn bildet Rotföhler. Ahorn besitzt ein seidig glänzendes dekoratives Holz, das unter Lichteinfluss deutlich nachdunkelt.</p> <p>Eigenschaften Das Holz ist ziemlich hart, mittelschwer und schwer spaltbar. Es lässt sich leicht bearbeiten, dreheln, profilieren und beizen. Ahorn ist nicht witterungsbeständig und sehr anfällig für Pilze und Insekten</p> <p>Verwendung Ahornholz wird für viele Zwecke eingesetzt: Als Furnier ist es vor allem für Schlafzimmertische sehr beliebt, wobei auch die „Regelung“, als besonders dekoratives Element eingesetzt wird. Weiters werden Furnierlegearbeiten und wertvolles Tafelparkett, sowie Tischplatten, Werkzeugstiele und Drechselwaren aus Ahornholz hergestellt. Ein weiteres Verwendungsgebiet ist der Musikinstrumentenbau für Klavierholz, Resonanzholz und Geigenböden.</p>		Güteklasse		
		F	A	B
Merkmal	2 m aufwärts	3 m aufwärts	2 m aufwärts	
Länge	40 cm	30 cm	25 cm	
Durchmesser	äußerlich ast- und beulentfrei	bis 3 m astfrei; zulässig: ab 3 m ein gesunder Ast pro fhm bis 4 x 6 cm Stärke	gesunde Äste bis 4 x 6 cm Anzahl doppelte Länge oder gesunde Äste bis 10 cm; Anzahl halbe Länge des Stückes	
Äste				
Risse	ausgeschlossen: Eisrisse, Kreuzrisse, Spinnern; praktisch rissfrei; zulässig ein gerader Riss bis zur Kernhöhe, der darf max. Länge des MDM haben	zulässig: bis 3 m an einem, ab 3 m an beiden Enden je ein Riss bis zur Kernhöhe, darf max. Länge des MDM haben	zulässig: gerade Risse, deren gesamte Länge die doppelte Länge des MDM nicht übersteigen darf	
Farbe	15 % des Zapfdurchmessers	20 % des Zapfdurchmessers	30% des Zapfdurchmessers	
Krümmung	praktisch gerade	bis 3 m praktisch gerade; zulässig: ab 3 m Länge bis 4 m einseitige Krümmung bis zu 5 cm Pfeilhöhe, über 4 m Länge: max. bis 10 cm Pfeilhöhe	nur einfache Krümmung zulässig: bis 3 m: bis Pfeilhöhe max. 5 cm bis 4 m: Pfeilhöhe max. 10 cm über 4 m: Pfeilhöhe max. 15 cm	
Drehwuchs	keiner	keiner	leichter Drehwuchs	
Pilze und Insekten	unzulässig	unzulässig	zulässig: einzelne große Wurmlöcher	

C - Qualität: sind jene Stämme, die Merkmale in einem größeren Ausmaß aufweisen als diese in Güteklasse B zulässig sind; Ware muss jedoch noch als Sägenrundholz verwendet werden können

Birne

Verbreitung in Österreich: < 0,1 % des Gesamtvorrats

Merkmale des Holzes

Kern- und Splintholz sind ohne deutlichen Unterschied (Feilhholzbaum) bläss bräunlich bis braunrot und nachdunkelnd.

Eigenschaften

Bearbeitung und Oberflächenbehandlung bieten keine besonderen Schwierigkeiten, das Holz ist sehr gut beständig und polierbar.

Vermwendung

Birnbauholz wird als Ausstattungsholz für Möbel und den Innenausbau, vor allem in Form von Furnieren, verwendet. Weitere Anwendung findet Birnenholz in Musikinstrumentenbau (Fidelen).



Merkmal	Güteklasse		
	F	A	B
Länge	1,5 m aufwärts	1,8 m aufwärts	1,5 m
Durchmesser	40 cm	30 cm	25 cm

Aste	Risse
äußerlich ast- und beutelfrei	ausgeschlossenen: Eirisse, Kreuzrisse, Spinnern, praktisch Rissfrei; zulässig ein gerader Riss bis zur Kernhöhe, der darf max. Länge des MDM haben
bis 2 m astfrei; zulässig: ab 2 m ein gesunder Ast je 1fm bis 4 x 6 cm	zulässig: bis 3 m an einern, ab 3 m an beiden Enden je ein Riss bis zur Kernhöhe, darf max. Länge 15 % der Stammhöhe
zulässig: gesunde Äste bis 2 x 4 cm; Anzahl doppelte Länge oder ein gesunder Ast bis 10 cm oder ein Faulast 4 x 6 cm pro 1fm	zulässig: gerade Risse, deren gesamte Länge 25 % der Stammhöhe nicht übersteigen darf

Farbe	Krümmung
Verfärbung nicht zulässig	praktisch gerade
Verfärbung nicht zulässig; zulässig: bei zentralem Kern max. 15 % des Zapfdurchmessers	bis 2 m praktisch gerade; zulässig: ab 2 m: einseitige Krümmung bis zu 2 cm pro 1fm maximal bis 10 cm Pfeilhöhe

Drehwuchs	Pilze und Insekten
keiner	unzulässig
7 % vom MDM pro 1fm	unzulässig
leichter Drehwuchs	zulässig Faulkern gegen Maßvergingtung

C - Qualität: sind jene Stämme, die Merkmale in einem größeren Ausmaß aufweisen als diese in Güteklasse B zulässig sind; Werte müssen jedoch noch als Stagerunholz verwendet werden können

14

Eisbeere

Verbreitung in Österreich: < 0,1 % des Gesamtvorrats

Merkmale des Holzes

Der Splint ist gelblich, der Feilhholzkern gelb-rötlich bis rostbraun (gedamft).

Eigenschaften

Ein feinfasrig gleichmäßig dichtes und schweres Holz. Es ist zäh, schwer zu spalten und schwimmt nur mäßig. Die Dauernhaftigkeit ist gut.

Vermwendung

Eisbeere ist ein hochwertiges Drechler- und Schnitzholz; derzeit werden hohe Preise für Furnierstämme erzielt. Im Möbelbereich wird Eisbeerenholz als Ersatz für Birnenholz eingesetzt. Es dient auch als Spezialholz für Mess- und Zeichengeräte.



Merkmal	Güteklasse		
	F	A	B
Länge	1,5 m aufwärts	1,8 m aufwärts	1,5 m
Durchmesser	40 cm	30 cm	25 cm

Aste	Risse
äußerlich ast- und beutelfrei	ausgeschlossenen: Eirisse, Kreuzrisse, Spinnern, praktisch Rissfrei; zulässig ein gerader Riss bis zur Kernhöhe, der darf max. Länge des MDM haben
bis 2 m astfrei; zulässig: ab 2 m ein gesunder Ast je 1fm bis 4 x 6 cm	zulässig: bis 3 m an einern, ab 3 m an beiden Enden je ein Riss bis zur Kernhöhe, darf max. Länge 15 % der Stammhöhe
zulässig: gesunde Äste bis 2 x 4 cm; Anzahl doppelte Länge oder ein gesunder Ast bis 10 cm oder ein Faulast 4 x 6 cm pro 1fm	zulässig: gerade Risse, deren gesamte Länge 25 % der Stammhöhe nicht übersteigen darf

Farbe	Krümmung
Verfärbung nicht zulässig	praktisch gerade
Verfärbung nicht zulässig; zulässig: bei zentralem Kern max. 15 % des Zapfdurchmessers	bis 2 m praktisch gerade; zulässig: ab 2 m: einseitige Krümmung bis zu 2 cm pro 1fm maximal bis 10 cm Pfeilhöhe

Drehwuchs	Pilze und Insekten
keiner	unzulässig
7 % vom MDM pro 1fm	unzulässig
leichter Drehwuchs	zulässig Faulkern gegen Maßvergingtung

C - Qualität: sind jene Stämme, die Merkmale in einem größeren Ausmaß aufweisen als diese in Güteklasse B zulässig sind; Werte müssen jedoch noch als Stagerunholz verwendet werden können

16

Esche

Verbreitung in Österreich: 2,1 % des Gesamtvorrats; 23,7 Mio. Vfm

Merkmale des Holzes

Die Esche ist eine Reifholzart, d.h. Splint- und Kernholz unterscheiden sich in der Regel nicht, im höheren Alter entsteht ein fakultativer Farbkern der lichterbraun und teils auch olivfarben ist.

Eigenschaften

Eschenholz ist relativ schwer, sehr zäh und elastisch, hart und schwer spaltbar. Eschenholz lässt sich gedämpft gut biegen. Es ist gut zu trocknen und leicht bearbeitbar. Esche ist mäßig dauerhaft, nicht witterungsfest und anfällig für Pilze und Insekten.

Verwendung

Eschenholz wird für alle Arten von Sportgeräten verwendet (Schlitten, Sprossenwände, Barren, Fluder). Eschenholz wird auch für Leitersprossen, Parkett, Furniere, Rechenzähne sowie als Möbelholz für den Innenausbau und für Werkzeugteile eingesetzt. Durch thermische Behandlung ist es auch im Außenbereich einsetzbar.



Merkmal	Güteklasse		
	F	A	B
Länge	2 m aufwärts	3 m aufwärts	2 m aufwärts
Durchmesser	40 cm	30 cm	25 cm
Äste	außerlich ast- und beulenfrei	bis 3 m astfrei; zulässig: ab 3 m ein gesunder Ast pro lfm bis 4 x 6 cm Stärke	zulässig, gesunde Äste bis 2 x 4 cm; Anzahl doppelte Länge des Stückes oder ein gesunder Ast bis 10 cm pro lfm
Risse	ausgeschlossen: Eisrisse, Kreuzrisse, Spinnerrisse; praktischer Riss bis zur Kerndicke; gerader Riss bis zur Kerndicke, der darf max. 20 % der Länge sein des MDM haben	zulässig: bis 3 m an einem, ab 3 m an beiden Enden je ein Riss bis zur Kerndicke; die Länge darf max. 20 % der Länge sein	zulässig, gerade Risse an beiden Enden, deren Länge die doppelte Länge des MDM nicht übersteigen darf
Farbe	15 % des Zapfdurchmessers	30 % des Zapfdurchmessers	50 % des Zapfdurchmessers
Krümmung	praktisch gerade	bis 3 m praktisch gerade; zulässig: ab 3 m einfache Krümmung bis 2 cm Pfeilhöhe pro lfm, maximal bis 10 cm Pfeilhöhe	zulässig, einfache Krümmung bis 2 cm pro lfm, max. bis 15 cm Pfeilhöhe
Drehwuchs	keiner	keiner	keiner
Pilze und Insekten	unzulässig	unzulässig	unzulässig

C - Qualität: sind jene Stämme, die Merkmale in einem größeren Ausmaß aufweisen als diese in Güteklasse B zulässig sind; Ware muss jedoch noch als Sägerundholz verwertet werden können

17

Hainbuche

Verbreitung in Österreich: 0,8 % des Gesamtvorrats; 8,9 Mio. Vfm

Merkmale des Holzes

Die Holzfarbe ist hellgrau bis gelblichweiß. Die Hainbuche oder auch Weißbuche ist ein Splintholzbaum

Eigenschaften

Es ist das härteste Holz unserer heimischen Werkhölzer. Hainbuchenholz ist sehr widerstandsfähig gegen mechanische Abnutzung, schwer spaltbar und das Holz mit dem höchsten Energiewert.

Verwendung

Wegen seiner hohen Abnutzungsfestigkeit wird Hainbuchenholz besonders gerne für kleine Maschinenteile, Werkzeuge, Klavierrollen, Druckstöcke, Schuhteilen und Drechslerarbeiten und Holzschrauben verwendet.



Merkmal	Güteklasse		
	F	A	B
Länge	2 m aufwärts	2 m aufwärts	1,5 m aufwärts
Durchmesser	40 cm	25 cm	20 cm
Äste	äußerlich ast- und beulenfrei, nicht spannrückig	bis 2,5 m astfrei; zulässig: ab 2,5 m ein gesunder Ast bis 4 x 6 cm pro lfm	zulässig: bis 2 m ein gesunder Ast bis 4 x 6 cm; die doppelte Länge oder 2 gesunde Äste bis 10 cm auf dem ganzen Stück
Risse	ausgeschlossen: Eisrisse, Kreuzrisse, Spinnerrisse; zulässig: ein gerader Riss bis zur Kerndicke, der darf max. Länge des MDM haben	zulässig: bis 3 m an einem, ab 3 m an beiden Enden je ein Riss bis zur Kerndicke, der darf max. Länge des MDM haben	zulässig, gerade Risse an beiden Enden, deren gesamte Länge die doppelte Länge des MDM nicht übersteigen darf
Farbe	weiß	weiß, Verfärbungen unzulässig	weiß, Kern bis max. 15 % des Zapfdurchmessers
Krümmung	praktisch gerade	bis 2,5 m praktisch gerade; zulässig ab 2,5 m einseitige Krümmung bis zu 2 cm Pfeilhöhe, bis max. bis 10 cm Pfeilhöhe	bis 2 m gerade; zulässig: ab 2 m einfache Krümmung bis 3 cm Pfeilhöhe pro lfm, max. bis 15 cm Pfeilhöhe
Drehwuchs	keiner	keiner, nicht spannrückig	zulässig, vereinzelt leichter Drehwuchs und spannrückige Stücke
Pilze und Insekten	unzulässig	unzulässig	unzulässig

C - Qualität: sind jene Stämme, die Merkmale in einem größeren Ausmaß aufweisen als diese in Güteklasse B zulässig sind; Ware muss jedoch noch als Sägerundholz verwertet werden können

18

Kirsche

Verbreitung in Österreich: 0,3 % des Gesamtvorrats; 3,5 Mio. Vfm

Merkmale des Holzes

Das Kernholz ist blass gelblich bis rötlichbraun (nachdunkelnd) und weist fallweise grünlich getönte Zonen auf; der Splint ist schmal und gelblich.

Eigenschaften

Kirschbaumholz lässt sich gut bearbeiten und mit allen Oberflächentechniken behandeln und ist gedämpft gut zu biegen. Kirsche ist nicht witterungsstabil und anfällig für Pilze.

Verwendung

Kirschbaumholz wird massiv und als Furnier für Möbel, den Innenausbau und für verschiedene Einrichtungsgegenstände verwendet. Es gilt als „klassiker“ unter den Möbelhölzern. Für Instrumente und Zeichengeräte ist Kirschbaumholz ebenfalls gut geeignet.



Merkmal	Einklassse	
	A	B
Länge	1,5 m aufwärts	2 m aufwärts
Durchmesser	40 cm	30 cm
Aste	äußerlich ast- und beulenfrei	bis 2 m astfrei; zulässig: ab 2 m ein gesunder Ast bis 4 x 6 cm je 1fm
Risse	ausgeschlossen; Eirisse, Kreuzrisse, Spinnern, praktisch rissfrei; zulässig ein gerader Riss bis zur Kernröhre, der darf max. Länge des MDM haben	zulässig: bis 3 m an einem, ab 3 m an beiden Enden je ein Riss bis zur Kernröhre, diese dürfen eine max. Länge von 15 % der Stammhöhe haben
Farbe	Verfärbung nicht zulässig	Verfärbung nicht zulässig
Krümmung	praktisch gerade	bis 2 m praktisch gerade; zulässig: ab 2 m einseitige Krümmung bis zu 2 cm pro 1fm maximal bis 10 cm Pfeilhöhe
Drehwuchs	keiner	keiner
Pilze und Insekten	unzulässig	unzulässig

C - Qualität: sind jene Stämme, die Merkmale in einem größeren Ausmaß aufweisen als diese in Einklassse B zulässig sind; Ware muss jedoch noch als Stangenholz verwendet werden können

19

Linde

Verbreitung in Österreich: 0,3 % des Gesamtvorrats; 3,5 Mio. Vfm

Merkmale des Holzes

Die Farbe ist gelbweiß bis rötlichweiß. Das Holz hat einen leichten Seidenglanz und ist wenig dekorativ.

Eigenschaften

Das Holz ist leicht bearbeitbar. Es hat aber eine geringe Witterungsstabilität und ist daher für die Außenanwendung nicht geeignet.

Verwendung

Lindenholz ist die wichtigste Holzart für Holzschnitzarbeiten und die Bildhauerei. Im Mittelalter war es als „lignum sacrum“ (heiliges Holz) bekannt, da die sakralen Kunstwerke bevorzugt aus Lindenholz gefertigt wurden. Weitere Verwendungsmöglichkeiten sind Spielwaren, Protessen, Bilderrahmen, diverse Haushaltsgeräte und Holzschuhe.



Merkmal	Einklassse	
	A	B
Länge	2 m aufwärts	2,5 m aufwärts
Durchmesser	40 cm	30 cm
Aste	äußerlich ast- und beulenfrei	bis 3 m astfrei; zulässig: ab 3 m ein gesunder Ast bis 6 cm pro 1fm
Risse	ausgeschlossen; Eirisse, Kreuzrisse, Spinnern, praktisch rissfrei; zulässig ein gerader Riss bis zur Kernröhre, der darf max. Länge des MDM haben	zulässig: bis 4 m an einem, ab 4 m an beiden Enden je ein Riss bis zur Kernröhre, der darf max. 20 % der Länge des Stückes sein
Farbe	weiß; bis 15 % des Zopfdurchmessers	weiß; bis 20 % des Zopfdurchmessers
Krümmung	praktisch gerade	bis 3 m praktisch gerade; zulässig: ab 3 m eine einseitige Krümmung bis 2 cm Pfeilhöhe pro 1fm; max. bis 10 cm Pfeilhöhe
Drehwuchs	keiner	keiner
Pilze und Insekten	unzulässig	unzulässig

C - Qualität: sind jene Stämme, die Merkmale in einem größeren Ausmaß aufweisen als diese in Einklassse B zulässig sind; Ware muss jedoch noch als Stangenholz verwendet werden können

20

Nussbaum (Walnuss und Schwarznuss)

Verbreitung in Österreich: < 0,1 % des Gesamtvorrats

Merkmale des Holzes

Das Kernholz ist im Allgemeinen grau- bis dunkelbraun und häufig gestreift. Es gibt je nach Herkunft unterschiedliche Farbvarianten.

Eigenschaften

Nussholz lässt sich gut, wenn auch nur langsam trocknen, ist gut zu bearbeiten, zu beizen und zu polieren. Das Kernholz ist mäßig, Splintholz wenig dauerhaft. Nussholz ist schwer imprägnierbar.

Verwendung

Seit Jahrhunderten gehört Nussbaumholz zu den gesuchtesten Hölzern für die Verarbeitung zu Möbeln und Furnieren. Das Holz des Walnussbaumes ist daher auch teurer als das der meisten anderen Edeelhölzer. Außer für Möbel und den Innenausbau wird Nussbaumholz für Musikinstrumente und Gewehrschäfte verwendet.



Merkmal	Güteklasse	
	F	A B
Länge	1,5 m aufwärts; Schwarznuss 1,5 m aufwärts bei (SN) ab 2 m	1,6 m
Durchmesser	40 cm	30 cm
Äste	außerlich ast- und beultfrei	bis 2 m astfrei; zulässig: ab 2 m ein gesunder Ast bis 10 cm pro lfm oder ein Ast über 4 x 6 cm pro lfm
Risse	ausgeschlossen: Erisse, Kreuzrisse, Spinnerin, praktisch rissfrei; ein gerader Riss bis zur Kernröhre, der darf max. Länge des MDM haben	bis 2 m rissfrei, zulässig: über 2 m ein gerader Riss bis zur Kernröhre, darf max. Länge 20 % der Stammhöhe sein; Eisklüfte ausgeschlossen; Ringschäle bedingt zulässig
Farbe	Verschiedenheit der art-eigenen Farbe zulässig	Verschiedenheit der art-eigenen Farbe; zulässig
Krümmung	praktisch gerade	bis 2 m praktisch gerade; zulässig: ab 2 m einseitige Krümmung bis max. 10 cm Pfeilhöhe
Drehwuchs	keiner	keiner
Pilze und Insekten	unzulässig	unzulässig

C - Qualität: sind jene Stämme, die Merkmale in einem größeren Ausmaß aufweisen als diese in Güteklasse B zulässig sind; Ware muss jedoch noch als Sägenunholz verwertet

Robinie (nicht in den ÖHU geregelt)

Verbreitung in Österreich: 0,2 % des Gesamtvorrats; 2,6 Mio. Vfm

Merkmale des Holzes

Kern ist gelbgrün bis gelbbraun, Splint gelb bis grünlich weiß. Das Holz weist oft einen schönen, matten Glanz auf und wirkt sehr dekorativ.

Eigenschaften

Robinieholz ist zäh, biegsam und elastisch. Das Holz ist schwer aber bearbeitbar. Neben seinem Aussehen wird Robinieholz aber vor allem wegen seiner Dauerhaftigkeit und Witterungsfestigkeit geschätzt. Es ist weitgehend resistent gegen Pilz- und Insektenbefall. Das Holz ist nicht imprägnierbar.

Verwendung

Das Holz wird für Rebpfähle, Parkett aber auch für Fässer verwendet. Weitere Verwendung findet Robinieholz bei Gartenmöbeln, Terrassenböden und Pfählen für Stegbauten.



Merkmal	Güteklasse	
	F	A B
Länge	2 m aufwärts	3 m aufwärts
Durchmesser	40 cm	30 cm
Äste	außerlich ast- und beultfrei	bis 3 m astfrei; zulässig: ab 3 m ein gesunder Ast pro lfm bis 4 x 6 cm
Risse	ausgeschlossen: Erisse, Kreuzrisse, Spinnerin, praktisch rissfrei; ein gerader Riss bis zur Kernröhre, der darf max. Länge des MDM haben	zulässig: bis 3 m an einem, über 3 m an beiden Enden je ein Riss bis zur Kernröhre, darf max. so lang sein wie der MDM
Farbe	gesunde Kernfarbe	gesunde Kernfarbe
Krümmung	praktisch gerade	zulässig: einfache Krümmung bis max. 15 cm Pfeilhöhe
Drehwuchs	keiner	keiner
Ringschäle, Eisklüfte	unzulässig	unzulässig
Pilze und Insekten	unzulässig	unzulässig

C - Qualität: sind jene Stämme, die Merkmale in einem größeren Ausmaß aufweisen als diese in Güteklasse B zulässig sind; Ware muss jedoch noch als Sägenunholz verwertet werden können

Schwarzerle

Verbreitung in Österreich: 0,7 % des Gesamtvorrats; 8,2 Mio. Vfm

Merkmale des Holzes

Erlenholz ist rötlichweiß bis gelbrot und besitzt oft dunkelbraune Markflecken; frische Schnittflächen sind oft vorübergehend orangefarben nachdunkelnd.

Eigenschaften

Das Holz ist gut zu trocknen, lässt sich leicht bearbeiten, messen und schälen und ohne Schwierigkeiten allen Oberflächenbehandlungsverfahren unterziehen. Erlen ist gut imprägnierbar.

Verwendung

Seit einigen Jahren ist Erlenholz für Bomben sehr gefragt; weitere Verwendungen findet Erlen beim Instrumentenkasernenbau, als Schälturnier für Sperrholz oder als Schnitz- und Drechselholz.



	Gütekategorie		
	F	A	B
Merkmale	F	A	B
Länge	1,5 m aufwärts	2,5 m aufwärts	2 m
Durchmesser	40 cm	25 cm	20 cm
Aste	äußerlich ast- und beulenfrei	bis 3 m astfrei; zulässig: ab 3 m ein gesunder Ast bis 4 x 6 cm pro lfm	zulässig: ein gesunder Ast bis max. 8 cm pro lfm
Risse	ausgeschlossenen; Eirisse, Kreuzrisse, Spinnern; praktisch rissfrei; zulässig ein gerader Riss bis zur Kernhöhle, der darf max. Länge des MDM haben	zulässig: bis 3 m ein Riss, ab 3 m an beiden Enden je ein Riss bis zur Kernhöhle, darf max. Länge des MDM haben darf	zulässig: gerade Risse, an beiden Enden, deren gesamte Länge max. der doppelte MDM sein darf
Farbe	hell; zulässig: Kernfarbe bis max. 20 % vom Zapfdurchmesser	hell; zulässig: Kernfarbe bis max. 20 % des Zapfdurchmessers	zulässig: Kernfarbe bis 30 % vom Zapfdurchmesser
Krümmung	praktisch gerade	bis 4 m praktisch gerade; zulässig: ab 4 m einseitige Krümmung bis zu 2 cm Pfeilhöhe pro lfm maximal bis 10 cm Pfeilhöhe	zulässig: einfache Krümmung bis zu 3 cm Pfeilhöhe pro lfm bis max. 15 cm Pfeilhöhe
Drehwuchs	keiner	keiner	leichter Drehwuchs
Pitze und Insekten	unzulässig	unzulässig	unzulässig

C-Qualität: sind jene Stämme, die Merkmale in einem größeren Ausmaß aufweisen als diese in Gütekategorie B zulässig sind; Werte müssen jedoch noch als Sperrholz verwendet werden können

25

Ulme

Verbreitung in Österreich: 0,1 % des Gesamtvorrats; 1,5 Mio. Vfm

Merkmale des Holzes

Das Holz der Feldulme ist am besten nachgefragt; der Kern ist schokoladenbraun bis rotlichbraun und nimmt zwei Drittel des Durchmesser ein, der Splint ist gelblich bis hellbraun und entsprechend schmal. Bei der Bergulme ist der Kern flächig bis hellbraun, der Splint gelblichweiß und etwas breiter als bei der Feldulme.

Eigenschaften

Ulmenholz lässt sich gut bearbeiten und gedämpft gut biegen; Ulmenholz ist schwer imprägnierbar.

Verwendung

Das Ulmenholz zählt zu den schönsten heimischen Hölzern; es wird daher für die Erzeugung von Furnieren und Parketten verwendet. Weiters wird Ulmenholz für den Innenausbau, für Stanzbänke als auch für Musikinstrumente gerne verarbeitet.



	Gütekategorie		
	F	A	B
Merkmale	F	A	B
Länge	2 m aufwärts	3 m aufwärts	2 m aufwärts
Durchmesser	40 cm	30 cm	25 cm
Aste	äußerlich ast- und beulenfrei	bis 3 m astfrei; zulässig: ab 3 m ein gesunder Ast bis 4 x 6 cm pro lfm	zulässig: gesunde Äste bis 2 x 4 cm; Anzahl doppelte Länge oder ein gesunder Ast bis 10 cm; Anzahl Länge des Stückes
Risse	ausgeschlossenen; Eirisse, Kreuzrisse, Spinnern; praktisch rissfrei; zulässig ein gerader Riss bis zur Kernhöhle, der darf max. Länge des MDM haben	zulässig: bis 3 m an einem, ab 3 m an beiden Enden je ein Riss bis zur Kernhöhle, der darf max. so lang sein wie der MDM	zulässig: gerade Risse, deren gesamte Länge die doppelte Länge des MDM nicht übersteigen darf
Farbe	helle oder dunkle Farbe zulässig	helle oder dunkle Farbe zulässig	Helle oder dunkle Farbe zulässig
Krümmung	praktisch gerade	zulässig: einfache Krümmung maximal bis 10 cm Pfeilhöhe	zulässig: einfache Krümmung bis max. bis 15 cm Pfeilhöhe
Drehwuchs	keiner	keiner	leichter Drehwuchs
Ringschäle, Eisklüfte, Spritzern, Spinnern	unzulässig	unzulässig	unzulässig
Pitze und Insekten	unzulässig	unzulässig	unzulässig

C-Qualität: sind jene Stämme, die Merkmale in einem größeren Ausmaß aufweisen als diese in Gütekategorie B zulässig sind; Werte müssen jedoch noch als Sperrholz verwendet werden können

26

**Anhang 8:
Submissionsergebnisse 2023**

Quelle: eigene Darstellung

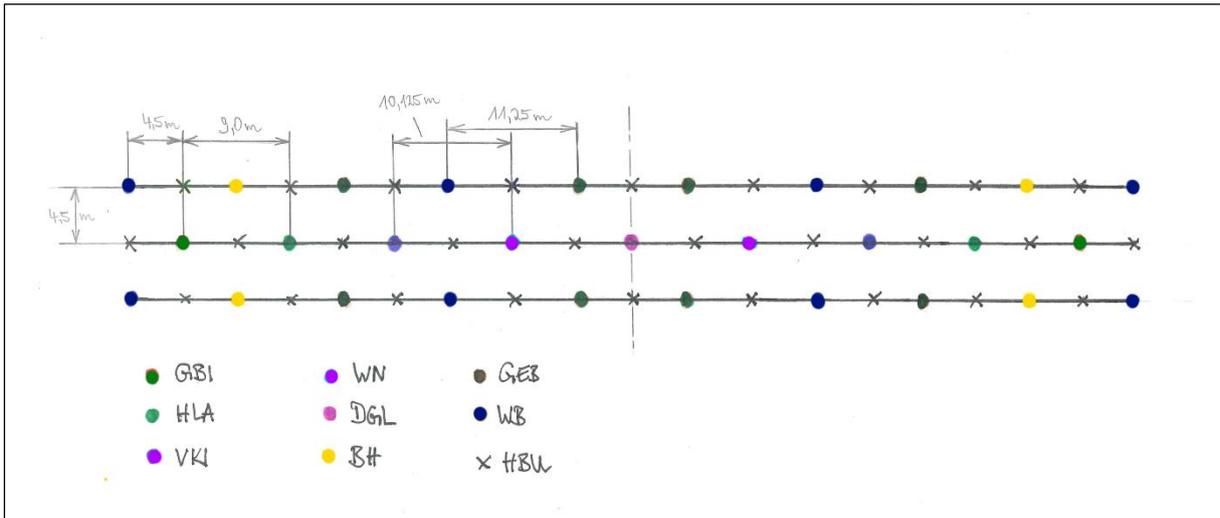
Submission	Eiche	Buche	Eiche	Bergahorn	Esche	Linde	Birke	Roteiche	Kirsche	Hainbuche	Spitzahorn	Ulme	Birnbäum	Nussbaum	Fichte	Kiefer	Lärche	Douglase	Tanne
Rheinland	723,00 €	463,00 €	-	374,00 €	227,00 €	-	-	334,00 €	-	-	374,00 €	-	-	-	-	-	-	236,00 €	-
Ebrach/Amstein	1.195,00 €	-	-	996,00 €	270,00 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WBV Coburger Land e.V.	781,78 €	211,65 €	168,82 €	253,30 €	192,13 €	-	137,75 €	200,00 €	239,39 €	-	87,00 €	437,50 €	-	-	176,15 €	170,10 €	254,50 €	252,72 €	105,00 €
Platz	1.194,00 €	-	-	-	340,00 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sachsenpost	793,36 €	187,00 €	232,51 €	507,59 €	278,11 €	215,41 €	129,37 €	385,34 €	321,28 €	146,00 €	219,29 €	205,00 €	-	-	300,21 €	235,46 €	339,18 €	-	-
Oberland	576,00 €	-	211,00 €	585,00 €	200,00 €	200,00 €	200,00 €	287,00 €	266,00 €	157,00 €	271,00 €	637,00 €	662,50 €	518,00 €	252,00 €	171,00 €	317,00 €	366,00 €	152,00 €
Pretzfeld	770,00 €	148,97 €	150,28 €	377,05 €	243,64 €	94,68 €	136,20 €	85,00 €	261,59 €	-	220,66 €	391,44 €	-	320,62 €	-	-	422,00 €	307,00 €	-
28. Norddeutsche Nadelholzsubmission	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	172,00 €	-	-	-
Northeim	1.206,00 €	171,00 €	-	714,00 €	320,00 €	209,00 €	-	391,00 €	230,00 €	-	464,00 €	552,00 €	-	520,00 €	-	-	202,00 €	-	-
Mittelrhein-Mosel	700,00 €	-	-	-	230,00 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Südostbayern	564,00 €	-	140,00 €	324,00 €	202,00 €	-	109,00 €	172,00 €	275,00 €	-	-	402,00 €	305,50 €	519,00 €	200,00 €	160,00 €	377,00 €	195,00 €	234,00 €
Durchschnittserlöse	850,31 €	236,32 €	180,52 €	441,37 €	250,29 €	179,77 €	128,08 €	264,91 €	266,03 €	151,50 €	272,66 €	437,49 €	484,00 €	469,41 €	232,09 €	181,71 €	318,61 €	271,34 €	163,67 €
Mittelwert der Laubbaumarten m. Eiche	529,48 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mittelwert der Laubbaumarten o. Eiche	291,45 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mittelwert Nadelholzer	233,49 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Anhang 9:
Submissionsergebnisse 2024**

Quelle: eigene Darstellung

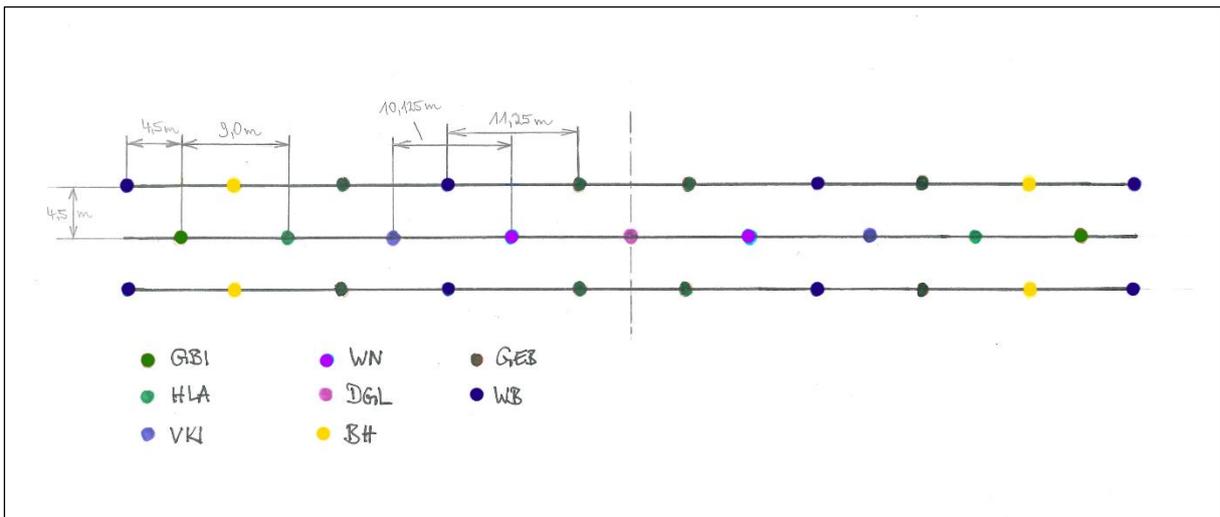
Submissionen 2024		Eiche	Ele	Bergahorn	Esche	Linde	Birke	Roteiche	Kirsche	Eisbäre	Hainbuche	Spitzahorn	Ume	Birnbäum	Nussbaum	Fichte	Kiefer	Lärche	Douglasie	Tanne
Rheinland	823,00 €	-	-	263,00 €	184,00 €	-	-	346,00 €	-	-	-	263,00 €	-	-	-	-	-	-	158,00 €	-
Ehrach/Walstein	1.092,00 €	-	-	520,00 €	270,00 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WVW-COULGER Land e.V.	746,03 €	-	-	102,00 €	307,34 €	-	-	-	-	370,00 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Priz	1.303,00 €	-	-	-	266,00 €	60,00 €	-	148,00 €	266,00 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sachsenforst	614,44 €	-	-	306,15 €	210,75 €	247,53 €	-	324,66 €	329,00 €	-	114,52 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oberland	486,00 €	-	-	349,00 €	176,00 €	260,00 €	-	101,00 €	266,00 €	-	515,00 €	152,00 €	467,00 €	180,50 €	571,00 €	295,00 €	212,00 €	356,00 €	229,00 €	351,00 €
Pretzfeld	638,00 €	-	-	216,00 €	165,00 €	123,00 €	-	148,00 €	190,00 €	-	96,00 €	169,00 €	283,00 €	-	169,00 €	151,23 €	138,22 €	483,89 €	427,95 €	-
28. Norddeutsche Nadelholzsubmission	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Northain	1.112,00 €	-	-	386,00 €	263,00 €	222,00 €	-	316,00 €	406,00 €	-	-	317,00 €	386,00 €	-	-	-	-	-	-	-
Mittelrhein-Mosel	683,00 €	-	-	-	207,00 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	312,00 €	-
Menschenhaus	1.042,00 €	-	-	-	211,00 €	-	-	-	130,00 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Südostbayern	498,00 €	-	-	1.068,00 €	-	-	-	-	-	-	-	-	256,00 €	-	-	-	-	-	310,00 €	-
Durchschnittserlöse	821,90 €	-	-	402,52 €	227,91 €	167,26 €	-	230,61 €	252,63 €	370,00 €	241,84 €	225,26 €	331,00 €	180,50 €	370,00 €	208,19 €	201,22 €	369,44 €	290,18 €	336,00 €
Mittelwert der Laubbäume m.Eiche	291,99 €																			
Mittelwert der Laubbäume o.Eiche	252,98 €																			
Mittelwert Nadelholz	281,00 €																			

Anhang 10: Systemplan im 20. Standjahr nach Entnahme der ersten Hainbuchen



Quelle: eigene Darstellung

Anhang 11: Systemplan im 40. Standjahr



Quelle: eigene Darstellung

Anhang 12: Kostenkalkulation baumartenindividuell

Quelle: eigene Darstellung

	Jahr	Arbeitszeit	Hainbuche 20J	Hainbuche 40J	Witdhirne	Baumhasel	Eberesche	Birke	Vogelkirsche	Walnuss	Douglasie	Lärche
Pflanzung	Pflanzgut	3,50 €	5,20 €	7,73 €	17,06 €	17,06 €	17,06 €	11,48 €	17,06 €	17,06 €	17,06 €	17,06 €
	Baumenschutz	4,00 €	3,71 €	5,52 €	19,50 €	19,50 €	19,50 €	13,12 €	19,50 €	19,50 €	19,50 €	19,50 €
	Arbeitszeit	10	6,91 €	10,27 €	22,67 €	22,67 €	22,67 €	15,26 €	22,67 €	22,67 €	22,67 €	22,67 €
Pflege	1. Astung	0,07 €	0,11 €	0,16 €	0,35 €	0,35 €	0,35 €	0,24 €	0,35 €	0,35 €	0,35 €	0,35 €
	2. Astung	0,07 €	0,10 €	0,16 €	0,34 €	0,34 €	0,34 €	0,23 €	0,34 €	0,34 €	0,34 €	0,34 €
	3. Astung	0,07 €	0,10 €	0,15 €	0,34 €	0,34 €	0,34 €	0,23 €	0,34 €	0,34 €	0,34 €	0,34 €
	4. Astung	0,07 €	0,10 €	0,15 €	0,33 €	0,33 €	0,33 €	0,22 €	0,33 €	0,33 €	0,33 €	0,33 €
	5. Astung	0,07 €	0,10 €	0,15 €	0,32 €	0,32 €	0,32 €	0,22 €	0,32 €	0,32 €	0,32 €	0,32 €
	1. Astung	2,33 €	- €	4,65 €	10,27 €	10,27 €	10,27 €	6,91 €	10,27 €	10,27 €	10,27 €	10,27 €
	2. Astung	4,65 €	- €	8,42 €	18,60 €	18,60 €	18,60 €	12,52 €	18,60 €	18,60 €	18,60 €	18,60 €
	3. Astung	6,98 €	- €	- €	- €	- €	- €	17,00 €	25,27 €	25,27 €	25,27 €	25,27 €
	4. Astung	6,98 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	22,89 €	22,89 €
Ernte			7,98 €	7,88 €	33,80 €	31,77 €	28,73 €	31,34 €	51,95 €	44,16 €	68,29 €	48,44 €
	Gesamtkosten		24,32 €	45,23 €	123,58 €	121,55 €	118,51 €	108,77 €	167,00 €	159,21 €	206,23 €	186,38 €
	Umftriebzweifen		20	40	80	80	80	60	80	80	80	80
	Zinssatz		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Arbeitskraft Pflege/Astung: 20,00 €
 Arbeitgeberlohn (€/h): 27,90 €
 Belkautregulierung (€/ha): 88,00 €
 Kosten für System: 8,28 €

