

3.9 Hainbuche (*Carpinus betulus*)

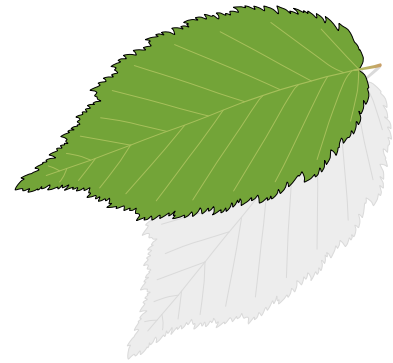
Carpinus betulus LINNÉ, 1753 (syn.: *Carpinus caucasica* GROSSH.)

syn.: Weißbuche, Hagebuche

engl.: european hornbeam

Familie: Betulaceae

Unterfamilie: Coryloideae



3.9.1 Zusammenfassende Bewertung



Anbauempfehlung

Die Hainbuche (*Carpinus betulus*) ist eine äußerst anpassungsfähige Baumart, die auf einem breiten Spektrum von Standorten gedeiht. Ihre Präferenz für basenreiche, frische Böden sowie ihre Toleranz gegenüber variierenden Wasserhaushaltsbedingungen machen sie zu einer wertvollen Art in vielfältigen Ökosystemen. Die klimatischen

Bedingungen ihres Verbreitungsgebiets spiegeln ihre Anpassung an sowohl sommerwarme als auch winterkalte Regionen wider. Diese Flexibilität und ihre positive Wirkung auf den Boden machen die Hainbuche zu einer interessanten Baumart für die Anpassung der Wälder an den Klimawandel.

	Merkmal	Bewertung	Erläuterung
Klimaanpassung in Anlehnung an OTTO (1993)	Standortanpassung	+++	Breite Standortsamplitude was Nährstoff- und Wasserversorgung betrifft; kommt gut mit Trockenheit zurecht
	Bodenpfleglichkeit	+++	Sehr schnelle Streuzersetzung
	Keine Krankheitsverbreitung	+++	Bisher sind keine explizit von der Hainbuche ausgehende Krankheiten bekannt
	Keine Anfälligkeit	+	Das Hainbuchensterben wird zuletzt häufiger vor allem an Stadt- und Parkbäumen beobachtet; Auslöser ist ein Pilz, der zu einer Vitalitätsschwächung und bei starkem Befall zum Absterben des Baumes führt
	Mischbarkeit	++	Aufgrund ihrer Schattentoleranz und des Wuchsverhaltens gut als Mischbaumart in Bestände integrierbar
	Naturverjüngung	++	Verjüngt sich unter geeigneten Bedingungen zahlreich und etabliert sich bei geringem Wilddruck; Schattenertragnis ist besonders in der Keimlingsphase ausgeprägt
	Waldstrukturen	++	Die etwas geringere Schattentoleranz von <i>C. betulus</i> im Vergleich zur Rotbuche, Linde oder auch Ahorn führt dazu, dass sie häufig im Wuchs zurückbleibt und einen Zwischen- und Unterstand in den Beständen bildet und somit zu einem mehrschichtigen Waldbestand mit günstigem Innenklima beiträgt

+++ äußerst positiv ++ sehr positiv + positiv --- äußerst negativ -- sehr negativ - negativ ? unklar

3.9.2 Verbreitung

Carpinus betulus besitzt ein großes natürliches Verbreitungsgebiet, das sich von Westeuropa bis in den Kaukasus und Nordiran erstreckt (Abbildung 1). Ihr Areal ist durch eine bemerkenswerte geografische Vielfalt gekennzeichnet, die sich sowohl in den Breitengraden als auch in den Höhenlagen widerspiegelt.

Das westliche Verbreitungsgebiet der Hainbuche erstreckt sich von den Pyrenäen über Südwestfrankreich bis nach Südengland. Die nördliche Arealgrenze wird in Dänemark bei 57°30' nördlicher Breite erreicht. Weiter nach Osten schließt das Areal Südschweden, die baltischen Staaten (Lettland, Litauen, Estland) sowie Belarus ein. Im Osten

reicht das Verbreitungsgebiet bis nach Westrussland und die Ukraine, wobei südliche Teile der Ukraine sowie der Südosten Rumäniens ausgespart bleiben. In den südlichen Regionen Europas findet man die Hainbuche in Norditalien, Nordgriechenland und auf der Balkanhalbinsel. Auf der Iberischen Halbinsel sowie auf den Mittelmeerinseln Korsika, Sardinien und Sizilien ist sie hingegen nicht natürlich verbreitet. In Kleinasien, entlang der Schwarzmeerküste, sowie im Kaukasus und Elburs-Gebirge erreicht die Hainbuche ihre östliche Verbreitungsgrenze. Das Elburs-Gebirge markiert zudem den Übergang zu ihrem Vorkommen im Nordiran (SCHÜTT 1992, BORATYNSKI 1996, HOFMANN 2014, FORSTER et al. 2019, SIKKEMA et al. 2021, KAVALIAUSKAS et al. 2024).



Abb. 1: Verbreitungsgebiet von *Carpinus betulus*. Quelle: CAUDULLO et al. (2023)

3.9.3 Standort

Die Hainbuche ist anspruchsvoller hinsichtlich der Wärme- und Basenversorgung als die Rotbuche. Sie bevorzugt basenreiche, humose und frische Böden, die eine optimale Nährstoffversorgung bieten. Trotz dieser Präferenzen zeigt sie eine bemerkenswerte Toleranz gegenüber verschiedenen Bodenverhältnissen. So gedeiht sie auch auf schweren Ton- und Pseudogleyböden sowie auf mäßig trockenen Kalkverwitterungsböden. Allerdings ist ihre Wuchsleistung auf nassen Standorten oder sehr trockenen, sandigen Böden eingeschränkt. Auf basenarmen Böden fehlt die Hainbuche weitgehend, wohingegen sie auf basenreichen Kalk- und Silikatstandorten eine hohe Vitalität entwickelt (BORATYNSKI 1996, TÜRK 1996, LOCKOW u. LOCKOW 2009b, FORSTER et al. 2019, BARTSCH et al. 2020, SIKKEMA et al. 2021).

Die Hainbuche zeigt eine hohe Toleranz gegenüber unterschiedlichen Wasserhaushaltsbedingungen. Stark wasserbeeinflusste Standorte und kurzzeitige Überflutungen während der Vegetationszeit werden toleriert. Dennoch bevorzugt sie frische bis feuchte Standorte mit einer guten Wasserverfügbarkeit. Auf grundwassernahen, tiefgründigen und nährstoffreichen Böden erreicht sie optimale Wuchsleistungen. Auf sehr trockenen Standorten zeigt sie hingegen einen deutlichen Zuwachsrückgang (TÜRK 1996, LOCKOW u. LOCKOW 2009b, FORSTER et al. 2019, BARTSCH et al. 2020).

Die Hainbuche kommt hauptsächlich im subatlantischen bis subkontinentalen Klimabereich vor und bevorzugt ein

sommerwarmes, winterkaltes Klima. Sie toleriert warme Sommer mit mittleren Temperaturen von Juni bis August, erträgt jedoch auch strenge Winter mit Temperaturen bis -30°C , besonders an ihrer nördlichen und östlichen Verbreitungsgrenze. Im Vergleich zur Rotbuche zeigt die Hainbuche eine höhere Toleranz gegenüber kontinentalen Klimabedingungen und höheren Sommertemperaturen (BORATYNSKI 1996, TÜRK 1996, LOCKOW u. LOCKOW 2009b, FORSTER et al. 2019, KAVALIAUSKAS et al. 2024).

In südlicheren Regionen, insbesondere im submediterranean montanen Bereich, bevorzugt die Hainbuche schattige, luftfeuchte Tallagen oder niederschlagsreiche Gebiete wie Nordanatolien, die Colchis-Region sowie die Nordhänge des Kaukasus und des Elburs-Gebirges. Gegen Kaltluft exponierte Lagen meidet sie, insbesondere nahe ihrer nördlichen Verbreitungsgrenze (BORATYNSKI 1996).

Im natürlichen Verbreitungsgebiet kommen Jahresdurchschnittstemperaturen zwischen $7,8$ und $10,8^{\circ}\text{C}$ vor (Abbildung 3). Im Mittel liegt die Temperatur bei $9,0^{\circ}\text{C}$. In den Monaten Mai bis September ist die Temperatur mit im Mittel $16,8^{\circ}\text{C}$ deutlich wärmer. Die Spanne reicht dabei von $14,2 - 18,7^{\circ}\text{C}$. Es treten Extremtemperaturen von $+35^{\circ}\text{C}$ sowie $-22,6^{\circ}\text{C}$ auf. Der Jahresniederschlag beläuft sich auf durchschnittlich 775 mm bei einer Spanne von $651 - 958$ mm. Davon fallen rund 365 mm ($323 - 428$ mm) in den Monaten Mai bis September.

Die Standorte der untersuchten Praxisanbauten verdeutlichen die beschriebene, breite Standortsamplitude von

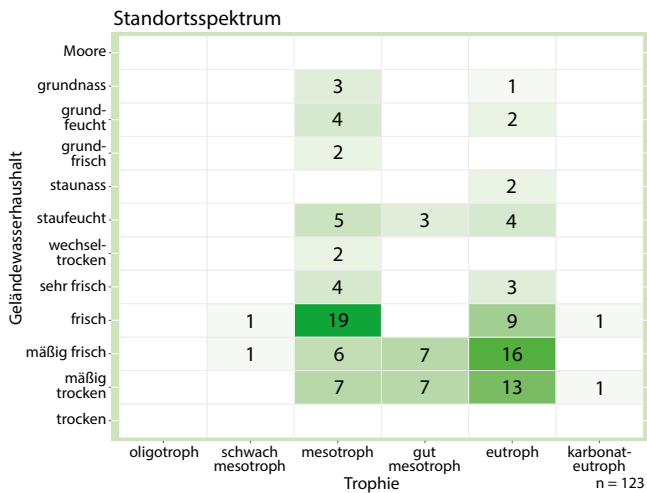


Abb. 2: Standortsspektrum der untersuchten Praxisanbauten der Hainbuche

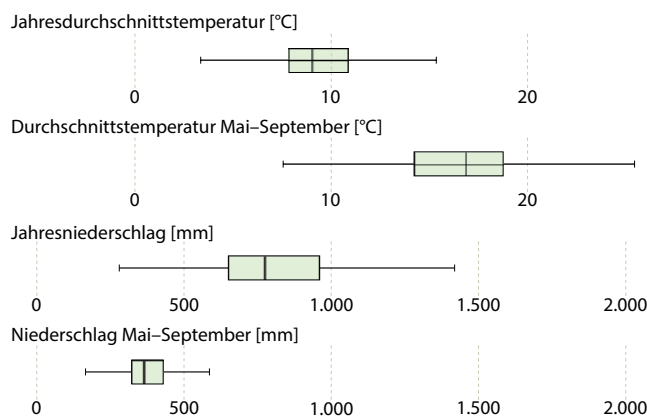


Abb. 3: Klimawerte des natürlichen Verbreitungsgebietes der Hainbuche extrahiert aus dem CHELSA-Datensatz (KARGER et al. 2021)

C. betulus (Abbildung 2). Lediglich auf ganz schwach nährstoffversorgten Standorten (Trophiestufe oligotroph) wurden keine Vorkommen dieser Baumart im Rahmen dieser Untersuchung dokumentiert.

C. betulus entwickelt ein typisches Herzwurzelsystem, das sich durch seine strahlenförmige Struktur auszeichnet und die Grundlage ihrer Vitalität und Standfestigkeit bildet. Ihr Wurzelsystem ist bemerkenswert anpassungsfähig und reagiert differenziert auf verschiedene Bodenverhältnisse und Umweltfaktoren.

In der ersten Entwicklungsphase bildet die Hainbuche eine ausgeprägte Pfahlwurzel aus. Diese wird jedoch bereits im Alter von 10 – 15 Jahren durch ein zunehmend ausgeprägtes Herzwurzelsystem ersetzt. Mit 25 – 30 Jahren ist die charakteristische Wurzelstruktur voll ausgebildet. Das Herzwurzelsystem der Hainbuche besteht aus einem zentralen Hauptwurzelbereich, der sowohl vertikale als auch horizontale Wurzeln umfasst. Die horizontale Bewurzelung dominiert, wobei die Wurzeln meist weniger als 1 – 2 cm stark sind. Die Vertikalwurzeln erreichen Durchmesser von 3 – 5 cm, nehmen jedoch schnell ab und enden oft in einer Feinwurzelstruktur (KÖSTLER et al. 1968, GULDER 1996).

Die Struktur des Wurzelsystems ist stark von den Bodenbedingungen abhängig. Auf durchlässigen, tiefgründigen Böden können die Wurzeln Tiefen von bis zu 2 m erreichen. Auf feuchten Substraten konzentrieren sich die Wurzeln hingegen hauptsächlich in den obersten 30 – 35 cm des Bodens, wobei nur wenige Wurzeln in tiefere Schichten vordringen. Auch auf verdichteten oder skelettreichen Böden wird die Vertikalbewurzelung stark eingeschränkt. In solchen Fällen konzentriert sich die Hauptwurzelmasse auf das oberflächliche Horizontalwurzelwerk, während die Vertikalwurzeln nur schwach ausgebildet sind. Dennoch können einzelne Wurzeln auch in diesen Bedingungen bis in Tiefen von fast 2 m vordringen, wie es beispielsweise auf wechselfeuchten Staublehmen der Deckenschotterlandschaft beobachtet wurde (KÖSTLER et al. 1968, BORATYNSKI 1996, GULDER 1996).

Das Herzwurzelsystem der Hainbuche ist nicht nur für die Versorgung mit Wasser und Nährstoffen entscheidend, sondern auch für ihre Standfestigkeit. Die strahlenförmig in den Boden vordringenden Wurzeln sorgen für eine hohe Stabilität, auch unter schwierigen Bedingungen. Die Fähigkeit, sowohl horizontale als auch vertikale Wurzeln auszubilden, macht die Hainbuche zu einer standortstoleranten Baumart, die auch auf suboptimalen Standorten gedeihen kann (KÖSTLER et al. 1968).

Das Laub von *C. betulus* zersetzt sich schnell, weshalb die Art als sehr bodenpfleglich einzustufen ist (BORATYNSKI 1996, GULDER 1996, HOFMANN 2014, BARTSCH et al. 2020, KAVALIAUSKAS et al. 2024). Dies zeigt auch die Ansprache der Humusformen in den Praxisanbauten (Abbildung 4). Dort wurden zum überwiegenden Teil Mull-Humusformen angesprochen. Darüber hinaus gab es auch noch mullartigen Moder in den Beständen, jedoch keine schlechteren Humusformen. Dies zeigt die schnelle Umsetzung der Streu und die damit schnelle Mineralisierung der Nährstoffe.

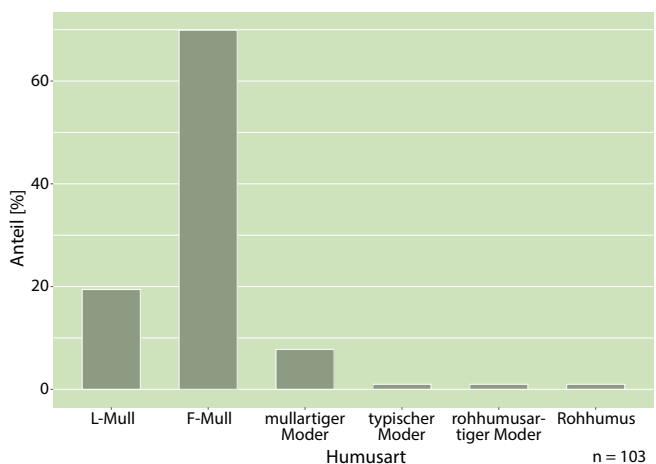


Abb. 4: Humusansprache in den Beständen der Praxisanbauten der Hainbuche

3.9.4 Wachstum und Ertrag

3.9.4.1 Übersicht

C. betulus erreicht normalerweise Höhen von 20 – 25 m und Brusthöhendurchmesser bis zu 70 cm. In alten Wäldern oder unter optimalen Bedingungen können jedoch auch Höhen von 30 m erreicht werden. Außergewöhnliche Exemplare wurden im Nationalpark Białowieża in Polen mit einer Höhe von 32 m und im Kaukasus sogar mit 35 m Höhe und einem BHD über 100 cm dokumentiert (SCHÜTT 1992, BORATYNSKI 1996, BARTSCH et al. 2020, SIKKEMA et al. 2021, KAVALIAUSKAS et al. 2024).

Die Lebensdauer der Hainbuche beträgt im Durchschnitt etwa 150 Jahre, kann in Einzelfällen jedoch bis zu 300 Jahre erreichen. Ihr Jugendwachstum ist auf guten Standorten zügig, verlangsamt sich jedoch mit zunehmendem Alter. Die Volumenleistung bleibt hinter der von Rotbuche und Traubeneiche zurück, was ihren Ruf als Baumart zweiter Größenordnung prägte. Die beste Wuchsleistung erzielt die Hainbuche auf frischen bis feuchten, nährstoff- und basenreichen, tiefgründigen und feinerdereichen Böden. Auf trockenen oder basenarmen Böden bleibt ihre Wuchsleistung jedoch deutlich hinter ihrem Potenzial zurück. In geschlossenen Beständen können 8 – 10 m lange Schäfte ausgebildet werden (SCHÜTT 1992, BORATYNSKI 1996, FORSTER et al. 2019, BARTSCH et al. 2020, KAVALIAUSKAS et al. 2024).

Die Hainbuche gilt als eine der wenigen schattentoleranten Baumarten Europas, wobei ihre Schattentoleranz vor allem in der Keimlings- und Jugendphase ausgeprägt ist. Mit zunehmendem Alter nimmt diese jedoch ab. Im Vergleich zu Rotbuche, Esche, Linde und Ahorn ist ihre Schattenerträglichkeit geringer, weshalb sie häufig im Zwischen- und Unterstand von Mischbeständen zu finden ist (HOFMANN 2014, BARTSCH et al. 2020, SIKKEMA et al. 2021, KAVALIAUSKAS et al. 2024).

In der Vergangenheit spielte die Hainbuche eine bedeutende Rolle im Mittelwaldbetrieb. Besonders in Deutschland und Frankreich war der Hainbuchen-Mittelwald im 16. Jahrhundert eine der dominierenden Waldaufbauformen. Hier wurde sie hauptsächlich als Ausschlag aus überalterten Stöcken genutzt. Diese intensive Nutzung hinderte jedoch die Entwicklung optimaler Schaft- und Volumenleistungen und führte zu ihrem Ruf als Baumart mit geringerer wirtschaftlicher Bedeutung (LOCKOW u. LOCKOW 2009b).

Begründung

Die Hainbuche beginnt im Alter von etwa 30 Jahren mit der Blüte und Fruchtbildung. Die Fruktifikation erfolgt nahezu jährlich und in großen Mengen, mit besonders ergiebigen Samenjahren im Abstand von 2 – 3 Jahren. Die Samen reifen bis Ende September oder Anfang Oktober aus und verbleiben oft bis nach dem Laubfall an den

Zweigen, was die Beerntung erleichtert. Alternativ kann auch eine Grünernte Ende August bis Anfang September durchgeführt werden, wenn der Embryo ausgereift, aber die Keimhemmung noch nicht aufgebaut ist. Diesen Zeitpunkt optimal zu treffen ist allerdings durchaus schwierig. So geerntetes Saatgut muss im Anschluss direkt ausgesät werden, da es nicht lagerfähig ist (BORATYNSKI 1996, SCHMALEN 1996, BARTSCH et al. 2020).

Üblicherweise erfolgt die Ernte durch das Abstreifen der Früchte von den Ästen, wobei Leitern oder Seilkletterertechniken genutzt werden können. Eine Netzernte ist aufgrund der leichten Windverbreitung der Samen weniger geeignet. Voll ausgereifte Samen werden nach der Ernte maschinell von den Flügeln befreit, gereinigt und auf etwa 10 % Feuchtigkeit getrocknet. Sie können bei -7 °C bis zu 5 Jahre ohne Keimkraftverlust gelagert werden. Die durchschnittliche Keimfähigkeit liegt bei 65 – 75 %, wenn das Saatgut während einer Vollmast geerntet wurde (SCHMALEN 1996).

Hainbuchensaatgut weist eine natürliche Keimhemmung auf, die vor der Aussaat durch Stratifikation abgebaut werden muss. Erfolgt keine Stratifikation läuft das Saatgut nur teilweise auf und kann bis zu 3 Jahre überliegen. Der Prozess der Stratifikation beginnt mit einer Warmphase von etwa 15 Wochen bei Temperaturen zwischen 15 und 20 °C, gefolgt von einer Kaltphase bei etwa +3 °C über weitere 15 Wochen. Keimt das Saatgut vorzeitig, kann die Keimung durch Lagerung bei -3 °C bis zum Aussaattermin verzögert werden (BORATYNSKI 1996, SCHMALEN 1996).

Die Aussaat erfolgt in der Regel Mitte bis Ende April, abhängig von den klimatischen Bedingungen. Keimlinge sind stark spätfrost- und mäusegefährdet. Schutzmaßnahmen wie das Abdecken mit Matten sind notwendig, um hohe Ausfallraten zu vermeiden. Die Keimlinge benötigen während ihrer Entwicklung zwei- bis viermal so viel Licht wie andere Baumarten wie Ulme, Linde oder Ahorn. Unzureichende Lichtverhältnisse führen häufig zu einer Ausfallrate von über 90 % in den ersten Entwicklungsstadien. Neben Lichtmangel führen auch Trockenheit oder ein ungünstiges Mikrorelief zum Absterben der Keimlinge (BORATYNSKI 1996).

Neben der generativen Vermehrung spielt die vegetative Vermehrung durch Stockausschläge eine zentrale Rolle. Nach Abtrieb treibt die Hainbuche kraftvoll aus dem Stock aus und kann so mehrmals genutzt werden (BORATYNSKI 1996, LOCKOW u. LOCKOW 2009b).

Waldbau

Hinweise zur Pflege von Hainbuchenreinbeständen finden sich in LOCKOW u. LOCKOW (2009b). Diese sehen eine Jungwuchspflege bei einem Höhenbereich von 1,5 – 3,0 m als unverzichtbar an, wenn mit der Hainbuche hochwertiges Holz erzielt werden soll. Zu diesem Zeitpunkt sollte eine

Negativauslese durchgeführt werden, bei der sperrige Vorwüchse, Zwiesel, kranke, dreh- und krummwüchsige oder sonstige beschädigte Bäume entnommen werden sollten. Der Phänotypauslese sollte bereits in diesem Stadium besondere Beachtung geschenkt werden, da die Hainbuche zu sperrigem Wuchs neigt.

Ab einem Höhenbereich von 7 – 12 m gehen LOCKOW u. LOCKOW (2009b) zur Läuterung über, in der das oben aufgeführte Prinzip der Negativauslese fortgeführt werden soll. Wichtig zu berücksichtigen ist zu diesem Zeitpunkt, dass sich das Höhenwachstum der Hainbuche im Maximum befindet und danach auch schnell wieder abklingt. Bereits in diesem Stadium führt die Konkurrenz um Licht und Wuchsraum bei der Hainbuche zu einem stufigen Bestandaufbau mit einer Ober-, Mittel- und Unterschicht. Die Eingriffe sind daher auf die Oberschicht zu lenken. Die Entwicklung des Bestandesgefüges stellt sich in dieser Phase sehr dynamisch dar, weshalb oftmals einmalige Eingriffe nicht ausreichen, um alle schlecht veranlagten Individuen zu entnehmen, insbesondere weil die Einzeleingriffe auch nicht zu stark ausfallen sollten. Die Hainbuche sollte im Dichtschluss aufwachsen um Grobastigkeit und Sperrwuchs zu vermeiden.

Die im Anschluss folgende Jungbestandspflege erstreckt sich im Höhenbereich von ca. 12 – 15 m. Zu diesem Zeitpunkt haben sich Hainbuchenreinbestände bereits deutlich in eine herrschende Oberschicht mit einer Mittel- und Unterschicht ausdifferenziert. Es erfolgt in dieser Phase ein Übergang von der Negativ- zur Positivauslese, also zur Förderung der besten Bestandesmitglieder. Die Entnahme schlechtformiger Bäume aus der herrschenden Schicht sollte dennoch fortgeführt werden. Die Unter- und Mittelschicht sowie ggf. enthaltene Mischbaumarten sollen erhalten bleiben. FORSTER et al. (2019) empfehlen eine frühzeitige Sicherung von 100 – 150 Optionen einschließlich Mischbaumarten, woraus sich ein Abstand zwischen den Bäumen von 8 – 10 m ergibt.

Wächst der Bestand in das schwache Baumholz ein, geht bei LOCKOW u. LOCKOW (2009b) die Positivauslese in eine mäßige Hochdurchforstung über, welche bis zum starken Baumholz durchgeführt wird. Die Pflegemaßnahmen sollen sich auf die Entnahme der stärksten Bedränger der Z-Bäume konzentrieren. Kranke oder verletzte Bäume, die das Bestandesgefüge gefährden könnten, sind jedoch ebenfalls zu entnehmen. Das Ziel sind gut ausgebildete Kronen mit großer Lichtkronenoberfläche. Die Unter- und Mittelschicht bleiben zur Schaftpflege und zur Schaffung eines günstigen Bestandesklimas erhalten. Als Zeitpunkt geben FORSTER et al. (2019) ein Erreichen einer grünastfreien Schaftlänge von 4 – 6 m oder einen BHD von 14 cm an. Ab diesem Zeitpunkt empfehlen sie 70 – 100 Z-Bäume zu pflegen. Der Abstand zwischen den Bäumen beträgt dann 10 – 12 m.

3.9.4.2 Ergebnisse der Untersuchungen

Insgesamt wurden im Rahmen der Untersuchungen 123 Hainbuchenbestände begutachtet. Insbesondere bei dieser Baumart schieden viele Flächen für die ertragskundlichen Messungen aus, da diese aus Stockausschlägen erwachsen waren oder aber lange Zeit als dienende Mittel- bzw. Unterschicht im Bestandesgefüge vorkamen. Beide Fälle waren im Rahmen dieser Untersuchungen für die Messungen der Bestandesparameter nicht erwünscht, da sie erheblichen Einfluss auf die Höhen- und Volumenentwicklung der Bestände haben, im Nachhinein aber kaum zu identifizieren sind. Dennoch konnten in 25 Beständen mit hohen bis reinen Hainbuchenvorkommen Aufnahmen durchgeführt werden (Abbildung 5). Dabei decken diese ein breites Altersspektrum von 19 – 162 Jahren ab. Erfreulich dabei ist, dass sich die Flächen ohne große Lücken über diese Altersspanne verteilen, sodass ein guter Eindruck über den Wuchsgang der Hainbuche gewonnen werden kann. Zum Vergleich dient die Ertragstafel für die Hainbuche von LOCKOW u. LOCKOW (2009b), welche für das nordostdeutsche Tiefland erstellt wurde.

Die Oberhöhen der untersuchten Bestände liegen allesamt im Rahmen der durch die Ertragstafel abgebildeten Bonitätsfächer. Auffallend ist, dass viele Bestände hier in den besseren Ertragsklassen 1 und 2 liegen. Es wird sehr gut ersichtlich, dass frei aufwachsende Hainbuchen das Potenzial aufweisen zu Bäumen erster Ordnung heranzuwachsen und Bestandeshöhen von 30 m zu erreichen. Die in der Literatur beschriebene und oben aufgeführte Höhe von 20 – 25 m wurde in den Messungen bei älteren Bäumen des Öfteren überschritten.

Ein anderes Bild stellt sich bei den ermittelten Grundflächen dar. Diese liegen teilweise im Rahmen der Ertragstafel, im überwiegenden Teil jedoch weit unter dieser. Eine potenzielle Erklärung hierfür könnte sein, dass sich die Hainbuchenbestände der Aufnahmen oftmals auf Grenzstandorten und außerhalb der Bewirtschaftung befanden. Hier konnten sich wuchsstarke, ausladende Bäume mit geringerer Qualität durchsetzen und eine ausgeprägte Mittel- und Unterschicht, wie sie LOCKOW u. LOCKOW (2009b) für die gepflegten Bestände beschreiben, war nicht vorhanden. Dass die Hainbuche aber auch Dichtstand vertragen kann zeigen die älteren Bestände mit den sehr hohen Grundflächen.

Analog zum Verlauf der Grundfläche verhalten sich verständlicherweise die Vorräte der untersuchten Bestände. Allerdings wird hier der Ertragsrahmen der Ertragstafel wieder deutlicher durch die Bestände abgebildet. Es gibt nur wenige Flächen außerhalb des Bonitätsrahmens. Die Erklärung hierfür liefert ein Blick auf die Durchmesserentwicklung. Hier gibt es keinen Bestand, der schlechter als die 3. Ertragsklasse ist. Dies bildet wiederum die bereits

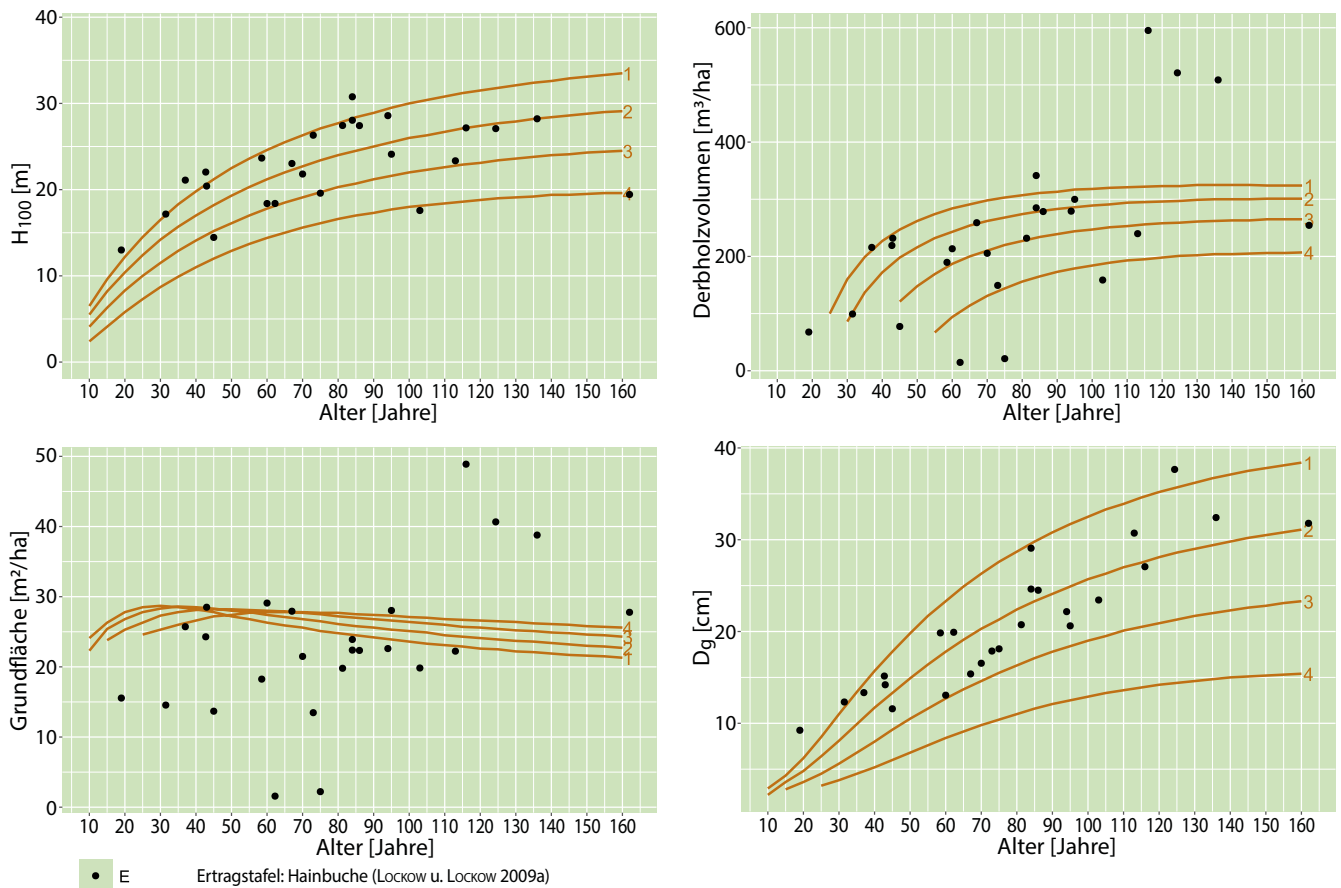


Abb. 5: Oberhöhen-, Derbholumen-, Grundflächen- sowie Durchmesserentwicklung der untersuchten Praxisanbauten der Hainbuche im Vergleich zur Hainbuchenertragstafel (LOCKOW u. LOCKOW 2009a). E: Einmalige Aufnahmen

beschriebene Bestandesstruktur mit wenigen, dafür aber wuchskräftigen Bäumen ab. Dennoch wird ersichtlich, dass mit zielgerichteter Pflege der Hainbuche auf wuchskräftigen Standorten Zieldurchmesser über 30 cm erreichbar sind. Dies entspricht zwar nicht den Dimensionen, die mit anderen Laubbaumarten erreichbar sind, aber dennoch ist eine wertholzhaltige Stammholzproduktion mit dieser Baumart möglich.

3.9.5 Gefährdungen

Insgesamt zeigte sich die Hainbuche in den Untersuchungen als eine sehr vitale Baumart (Abbildung 7), welche die Witterungsextreme im Vergleich zu Rotbuchen auf gleichem Standort ohne erkennbaren Vitalitätsverlust überstanden hatte. Diese Beobachtung machten auch KAVALI-AUSKAS et al. (2024) in Bayern. Die festgestellten Schäden in den Beständen (Abbildung 6) sind überwiegend nicht durch Witterungsereignisse bedingt gewesen.

Jungpflanzen von *C. betulus* sind stark verbissgefährdet. Ein Schutz ist daher dringend angeraten. Gegen Spätfrost ist die Art im Vergleich zur Rotbuche weniger empfindlich. Darüber hinaus gibt es mehr als 200 Pilzarten und mindestens 70 Insekten- und Milbenarten die an und auf der Hainbuche vorkommen. Nur wenige davon sind spezifisch für die Hainbuche. Hierunter zählt z. B. der Borkenkäfer

Scolytus carpini RATZ., der auf die Hainbuche spezialisiert ist. Bisher haben allerdings alle keine große forstliche Relevanz (BORATYNSKI 1996, TÜRK 1996, BARTSCH et al. 2020, SIKKEMA et al. 2021).

In den letzten Jahren taucht vermehrt eine neue Pilzerkrankung an der Hainbuche, vor allem an öffentlichem Grün, auf. Der Erreger ist *Anthostoma decipiens*, welcher das *Anthostoma*-Hainbuchensterben auslöst. Typisch bei einem Befall sind die in der Vegetationszeit durch die Nebenfruchtform *Cytospora decipiens* gebildeten, orangen bis tiefroten Sporenmassen, die im Randbereich der Infektion aus der Rinde austreten. Anschließend bilden sich in den nekrotischen Bereichen schwarze Fruchtkörper der Hauptfruchtform. *A. decipiens* ist in der Lage sowohl Splint- als auch Kernholz zu besiedeln. Langfristig führt ein Befall zu einer Vitalitätsschwächung, welche sich durch absterbende Kronenbereiche und Rindenläsionen bemerkbar macht. Ein starker Befall kann zum Absterben des Baumes führen. In Bayern wurde Befall auch in Wäldern in den heißesten und trockensten Regionen festgestellt. Es ist davon auszugehen, dass eine Vitalitätsschwächung der Pflanze durch klimatische Extreme eine Infektion begünstigt. Bisher beschränkt sich der Befall allerdings im Wald auf wenige Flächen, weshalb sowohl zum Schadpotenzial als auch zur Vorbeugung noch wenig gesagt werden kann (MUSER u. BURGENDORF 2022).

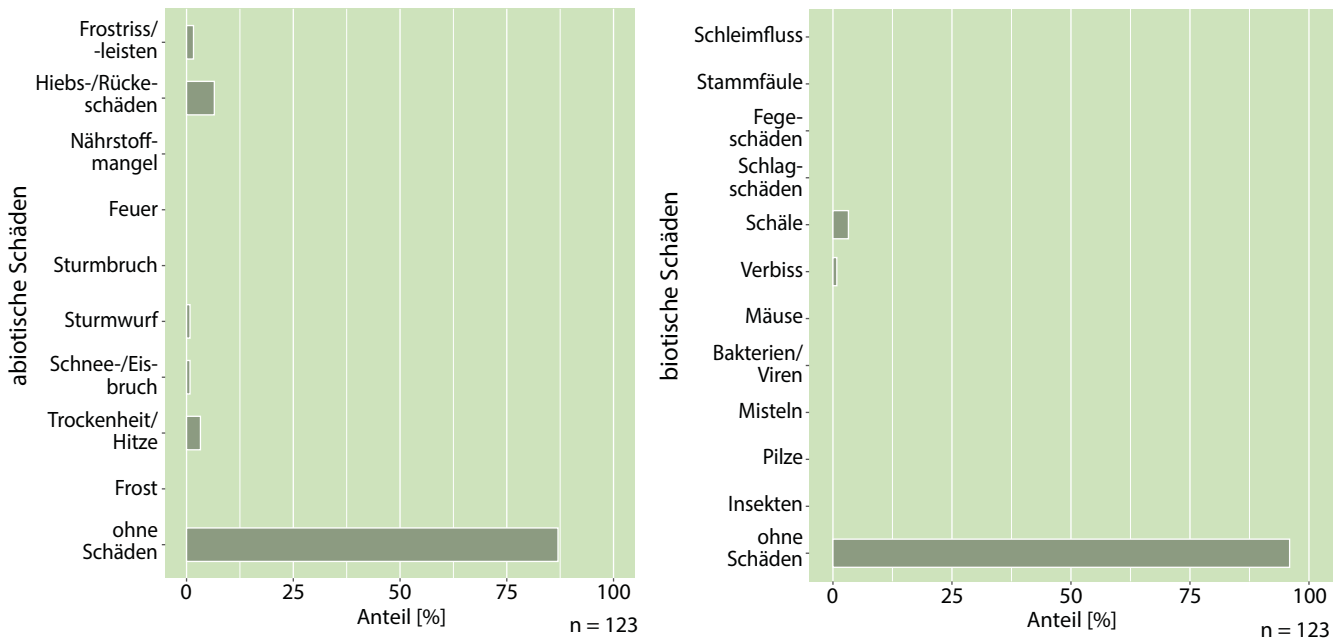


Abb. 6: In den Praxisanbauten vorgefundene abiotische und biotische Schäden an *C. betulus*

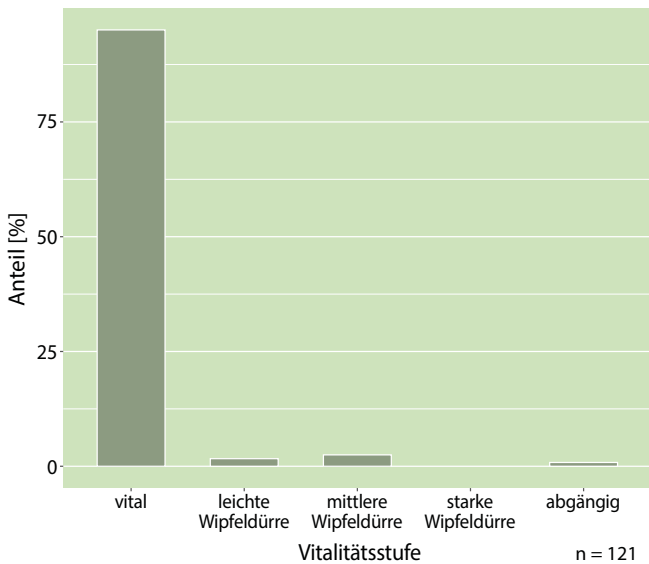


Abb. 7: Vitalitätsansprache der Praxisanbauten von *C. betulus*

3.9.6 Holzverwendung und Stammqualitäten begutachteter Bestände

C. betulus liefert das schwerste und härteste Holz unter den einheimischen Laubbaumarten. Das Holz ist grauweiß bis gelblichweiß und zeichnet sich durch eine feine, gleichmäßige Struktur aus. Da die Hainbuche keinen Farbkern ausbildet, lassen sich Splint- und Kernholz nicht unterscheiden. Zur Sicherung der hellen Holzfarbe ist eine Winterfällung, ein rascher Einschnitt, eine sorgfältige Stapelung sowie Schutz gegen Witterungseinflüsse nötig. Das Holz ist zerstreutporig, weist jedoch aufgrund der breiten Markstrahlen oft eine auffällige Maserung auf. Die Jahresringe sind nur auf glatten Schnittflächen gut erkennbar und verlaufen meist wellig, was zu einer Spannrückigkeit der Stämme führen kann (SACHSSE 1984, SCHÜTT 1992, BORA-

TYNSKI 1996, GROSSER 1996, WALKER 2009, BARTSCH et al. 2020, SIKKEMA et al. 2021, WAGENFÜHR U. WAGENFÜHR 2022, KAVALIAUSKAS et al. 2024).

Mit einer Rohdichte von etwa 0,8 g/cm³ ist Hainbuchenholz sehr schwer und hart. Es übertrifft die Festigkeitswerte von Eichenholz deutlich und zeichnet sich durch eine hohe Zähigkeit sowie Druck- und Scherfestigkeit aus. Gleichzeitig neigt das Holz jedoch stark zum Schwinden, Quellen, Reißen und Verwerfen, was die Trocknung erschwert und besondere Sorgfalt erfordert (SACHSSE 1984, WALKER 2009, WAGENFÜHR U. WAGENFÜHR 2022).

Das Holz ist nicht witterungsfest und besitzt eine geringe natürliche Dauerhaftigkeit. Es ist jedoch im trockenen Zustand oder unter Wasser langfristig haltbar. Aufgrund seiner hohen Dichte ist es schwer zu spalten. Hainbuchenholz ist recht schwierig zu bearbeiten, da es Schnittkräften hohen Widerstand entgegensetzt. Es lässt sich aber gut hobeln, dreheln, schleifen und polieren. Die Oberflächen sind beiz- und polierbar. Lacke und Farben lassen sich problemlos auf Hainbuchenholz aufbringen. Bei Kontakt mit Eisen können Verfärbungen auftreten (GROSSER 1996, WALKER 2009, BARTSCH et al. 2020).

Hainbuchenholz wird vor allem dort eingesetzt, wo eine hohe mechanische Beanspruchung, Zähigkeit und Abriebfestigkeit erforderlich sind. Traditionell findet es Verwendung in der Herstellung von Werkzeugen, Geräten und Maschinenteilen, wie Schlittenkufen, Hackblöcken, Schuhsleisten, Spannzwingen und Streichmaßen. Es eignet sich ebenfalls für Musikinstrumente, insbesondere im Klavierbau für Hammermechaniken, sowie für Drechslerarbeiten wie Billardqueues und Kegel (SACHSSE 1984, BORATYNSKI 1996, SIKKEMA et al. 2021).

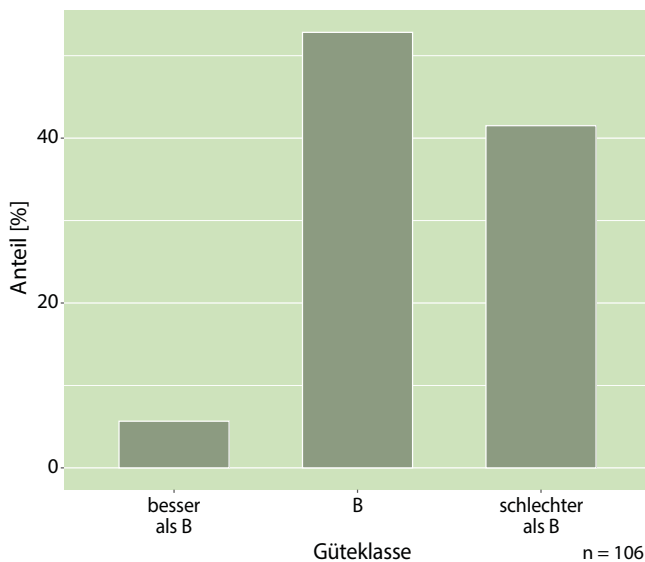


Abb. 8: Qualitätseinschätzung der Praxisanbauten von *C. betulus* anhand einer optischen Stehendansprache eines potenziellen Z-Baumkollektivs

In der modernen Nutzung wird Hainbuchenholz aufgrund seiner hohen Verschleißfestigkeit für industrielle Fußböden, Holzplaster und spezielle Bauteile eingesetzt. Zudem wird es für Parkett, Holzkohle und Modeartikel verwendet. Die feine Struktur des Holzes erlaubt eine hervorragende Oberflächenbehandlung, sodass es auch zur Imitation von Edelhölzern wie Ebenholz genutzt wird (WAGENFÜHR u. WAGENFÜHR 2022).

Trotz seiner positiven Eigenschaften wird Hainbuchenholz nur begrenzt eingesetzt. Die Spannrückigkeit der Stämme, die Neigung zur Verstockung sowie die Schwierigkeit der mechanischen Bearbeitung und Trocknung mindern seine wirtschaftliche Attraktivität. Zudem erzielt das Holz nur in selten erreichten starken Dimensionen hohe Preise und bleibt dadurch meist hinter der wirtschaftlichen Bedeutung von Buchenholz zurück (BARTSCH et al. 2020, SIKKEMA et al. 2021).

Die Qualitätseinschätzung der Praxisanbauten weist mit über 50 % Anteil an der Güteklasse B und einem geringen Anteil an Beständen mit der Qualitätseinschätzung „besser als B“ einen erfreulich hohen Anteil guter Holzqualitäten auf (Abbildung 8). Bei den Bereisungen wurden oftmals Bestände angetroffen die gerad- und langschaftige, wenig spannrückige Bäume aufwiesen. In solchen Beständen, in denen die Bäume meist auch Bestandteile der Hauptschicht darstellten, wird das Potenzial dieser Baumart ersichtlich. Der dennoch hohe Anteil schlechter Holzqualitäten ist im Wesentlichen auf die beschriebene, baumartentypische Spannrückigkeit zurückzuführen. Häufig trat diese auch in Kombination mit Drehwuchs auf.

3.9.7 Sonstige Ökosystemleistungen

SCHMIDT (2024) beschreibt, dass die Hainbuche jährlich eine große Anzahl von Früchten produziert, die teilweise bis ins Frühjahr am Baum verbleiben („Wintersteher“). In Mastjahren kann ein mittelalter Baum 10 – 12 kg Nüsschen liefern. Ein Teil der Früchte fällt im Winter ab und bleibt auf der Schneeoberfläche liegen, wodurch sie samenfressenden Tieren als Nahrung zugänglich sind. Dennoch wird diese harte Schalenfrucht nur von wenigen Vogelarten genutzt, wobei insbesondere der Kernbeißer (*Coccothraustes coccothraustes*) die Nüsschen bevorzugt.

3.9.8 Genetik

In Tharandt existiert ein um 1926 begründeter Provenienzversuch mit Herkünften aus Königsberg (Kaliningrad), Bayern und Sachsen, dessen Ergebnis im Alter 12 eine gewisse Überlegenheit nordöstlicher Provenienzen im Höhenwachstum sowie in der Stamm- und Kronenform erkennen ließen (BORATYNSKI 1996).

Die Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt (NFV) hat 1984 einige kleinere Versuchsserien mit der Hainbuche angelegt, die zum Ziel hatten, besonders geeignete Herkünfte für den Anbau in Nordwestdeutschland zu finden und Unterschiede in der Anpassungsfähigkeit, Wachstumsleistung und Form zu klären. Das Saatgut stammte aus ausgewählten Beständen aus Deutschland, Frankreich, Tschechien, Kroatien, Österreich und Polen. Das dort verwendete Herkunftsmaterial aus dem östlichen Teil des Verbreitungsgebietes hebt sich in dieser Versuchsserie bei keinem untersuchten Merkmal signifikant von den übrigen Prüfgliedern ab. Die zuvor erwähnten Ergebnisse des Tharandter Provenienzversuches konnten in diesem Versuch dementsprechend nicht bestätigt werden. Nach 27 Jahren Beobachtungsdauer konnte HOFMANN (2014) noch keine gesicherten Herkunftsempfehlungen für die Hainbuche auf Grundlage der Versuche aussprechen.