

Schlussbericht

zum Vorhaben

Verwertungsorientierte Untersuchungen an geringwertigen Laubholz-Sortimenten zur Herstellung innovativer Produkte

Thema:

Baumartenspezifische Potenzialanalyse des Laubholzaufkommens

Zuwendungsempfänger:

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt

Förderkennzeichen:

22013114

Laufzeit:

01.04.2016 bis 31.03.2019

Monat der Erstellung:

06/2019

Datum der Veröffentlichung:

30.01.2020

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger des BMEL für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe unterstützt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Antragsteller: Prof. Dr. Hermann Spellmann

Bearbeiter: Dr. René Würdehoff

Schlussbericht: Dr. René Würdehoff, Prof. Dr. Hermann Spellmann,
Prof. Dr. Jürgen Nagel

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
Grätzelstraße 2
37079 Göttingen

Inhaltsverzeichnis

I Ziele.....	3
I.1 Aufgabenstellung.....	3
I.2 Stand der Technik.....	3
I.3 Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	4
II Ergebnisse.....	5
II.1 Analyse des Nutzungsverhaltens zwischen Bundeswaldinventur 2 und 3.....	5
II.1.1 Datengrundlage und methodisches Vorgehen.....	5
II.1.2 Waldzustand und Nutzungsverhalten in Hessen.....	5
II.1.2.1 Vorrat und Nutzung nach Durchmesserklassen.....	6
II.1.2.2 Eiche.....	7
II.1.2.3 Buche.....	8
II.1.2.4 Anderes Laubholz mit hoher Lebensdauer.....	9
II.1.2.5 Anderes Laubholz mit niedriger Lebensdauer.....	10
II.1.2.6 Fichte.....	10
II.1.2.7 Kiefer.....	12
II.1.3 Waldzustand und Nutzungsverhalten in Niedersachsen.....	13
II.1.3.1 Vorrat und Nutzung nach Durchmesserklassen.....	14
II.1.3.2 Eiche.....	15
II.1.3.3 Buche.....	16
II.1.3.4 Anderes Laubholz mit hoher Lebensdauer.....	17
II.1.3.5 Anderes Laubholz mit niedriger Lebensdauer.....	17
II.1.3.6 Fichte.....	18
II.1.3.7 Kiefer.....	20
II.1.4 Waldzustand und Nutzungsverhalten in Sachsen-Anhalt.....	21
II.1.4.1 Vorrat und Nutzung nach Durchmesserklassen.....	22
II.1.4.2 Eiche.....	23
II.1.4.3 Buche.....	23
II.1.4.4 Anderes Laubholz mit hoher Lebensdauer.....	23
II.1.4.5 Anderes Laubholz mit niedriger Lebensdauer.....	25
II.1.4.6 Fichte.....	25
II.1.4.7 Kiefer.....	25
II.1.5 Waldzustand und Nutzungsverhalten in Schleswig-Holstein.....	27
II.1.5.1 Vorrat und Nutzung nach Durchmesserklassen.....	27
II.1.5.2 Eiche.....	29
II.1.5.3 Buche.....	29
II.1.5.4 Anderes Laubholz mit hoher Lebensdauer.....	31
II.1.5.5 Anderes Laubholz mit niedriger Lebensdauer.....	31
II.1.5.6 Fichte.....	32
II.1.5.7 Kiefer.....	32
II.2 Analyse der Nutzungseinschränkungen.....	34
II.2.1 Nutzungseinschränkungen beim Vorrat.....	34
II.2.2 Ursachen der Nutzungseinschränkung.....	35
II.2.3 Erntebedingungen.....	37
II.3 Einschlagsdatenanalyse bezüglich der Sortimente und Qualitäten.....	39
II.3.1 Datengrundlage und methodisches Vorgehen.....	39
II.3.2 Allgemeine Ergebnisse.....	43
II.3.3 Laubholzspezifische Ergebnisse.....	47
II.3.3.1 Regionale Ergebnisse zur Buche.....	50

II.3.3.1.1	Sortenverteilung.....	54
II.3.3.1.2	Güteklassenanteile des Stammholzes.....	55
II.3.3.2	Ahorn.....	60
II.3.3.3	Birke.....	60
II.3.3.4	Douglasie.....	61
II.3.3.5	Eiche.....	64
II.3.3.6	Esche.....	64
II.3.3.7	Fichte.....	67
II.3.3.8	Kiefer.....	67
II.3.3.9	Lärche.....	71
II.4	Simulation und Prognose des Rohholzpotenzials.....	72
II.4.1	Datengrundlage.....	72
II.4.2	Prognosewerkzeug WaldPlaner.....	73
II.4.3	Waldbauliche Steuerung.....	74
II.4.3.1	Allgemeines.....	74
II.4.3.2	Standörtliche Zuordnung der Waldentwicklungstypen.....	74
II.4.3.3	Waldbauliche Behandlung der Bestände.....	75
II.4.3.4	Sortierungsvorgaben.....	77
II.4.4	Ergebnisse.....	79
II.4.4.1	Holzvorratsentwicklung.....	79
II.4.4.2	Zuwachs und Nutzung.....	80
II.4.4.3	Sortenvolumen.....	84
II.4.4.4	Abschätzung der Qualitäten des Laubstammholzes.....	87
II.4.4.5	Regionale Auswertung der Qualitäten des Buchenstammholzes und Gesamtschau.....	90
II.4.4.6	Anwendung des Rotkernmodells.....	93
II.5	Qualität in Mischbeständen.....	100
II.6	Auswertung ertragskundlicher Versuche mit einer Analyse der Entwicklung der äußeren Schaftqualität bei Buche.....	103
II.6.1	Material und Methoden.....	104
II.6.1.1	Versuchsflächen.....	104
II.6.1.2	Qualitätsansprache.....	107
II.6.2	Ergebnisse.....	108
II.6.2.1	Hochstift 616B/618A.....	109
II.6.2.2	Saarforst 1606.....	114
II.6.2.3	Herborn 1333A2.....	119
II.6.2.4	Saupark 2080a.....	124
II.6.2.5	Münden 2027j.....	127
II.6.2.6	Münden 2028j.....	131
II.6.2.7	Ahlhorn 106j.....	135
II.6.2.8	Unterlüß 138j.....	140
II.6.3	Schlussfolgerungen.....	143
II.7	Zusammenfassung.....	144
II.8	Verwertung.....	147
II.9	Erkenntnisse von Dritten.....	147
II.10	Veröffentlichungen.....	147
III	Anhang.....	148
IV	Literaturverzeichnis.....	154

I Ziele

I.1 Aufgabenstellung

Ziel dieser Untersuchung ist es, auf der Grundlage verschiedener Datensätze der Bundesländer Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein aufzuzeigen, wie hoch das baumartenspezifische Potenzial des Laubholzaufkommens einschließlich der zu erwartenden Stärke- und Güteklassenanteile bis 2062 ist. Dabei liegt der Fokus auf den momentan als geringwertig bezeichneten Laubholzsortimenten.

I.2 Stand der Technik

Nach einem Rückgang der Holznutzung Anfang der 1990er-Jahre verzeichnete der Rohholzverbrauch seit Mitte der 1990er-Jahre zunächst geringe, seit der Jahrtausendwende, bis auf einen Einbruch im Zuge der weltweiten Finanz- und Wirtschaftskrise, jedoch deutlich steigende Zuwachsraten. Lagen Einschlag und Verbrauch von Rohholz in Deutschland 2002 noch bei 48,5 Mio. m³ bzw. 47,7 Mio. m³, erhöhten sich diese Werte bis 2010 auf 68,4 Mio. m³ bzw. 72,4 Mio. m³ (Weimar und Seintsch 2012). Diese Entwicklung ist in erster Linie im Zusammenhang mit der Förderung der energetischen Verwertung von Biomasse im Zuge der Umstellung der Energiewirtschaft auf erneuerbare Energien zu sehen. Erklärtes Ziel der EU ist es, bis zum Jahre 2020 20 % des Energieverbrauches aus erneuerbaren Energien zu generieren. Dieses Ziel ist nur unter Einbeziehung der energetischen Biomassennutzung zu erreichen, wobei der Nutzung von Rohholz, Altholz und Landschaftspflegeholz eine besondere Bedeutung zukommt. Dies wird jedoch nicht ohne Folgen für die Versorgung der stofflichen Holznutzung zur Herstellung von Zellstoff, Holzstoff, Schnittholz und Holzwerkstoffen bleiben.

Traditionell werden industriell überwiegend Nadelhölzer stofflich verwertet. Entsprechend gliedert sich die inländische Rohholzverwendung auf. Nach Seintsch und Rosenkranz (2014) hatte das Nadelholz in Deutschland im Jahre 2012 einen Anteil von 75 % an der Gesamtverwendung von 70 Mio. m³. Hiervon wurden 80 % stofflich und 20 % energetisch verwertet, beim Laubholz waren bei einem Gesamtverbrauch von ca. 17,4 Mio. m³ die Relationen umgekehrt.

Der Einschlag von Nadelhölzern, insbesondere bei der Holzartengruppe Fichte, lag bereits in den Jahren 2003 - 2007 über dem Zuwachs (Dieter 2011), wodurch in Zukunft bei steigender Nachfrage die Gefahr einer dauerhaften Übernutzung des Waldes bzw. einer nicht ausreichenden Versorgung der Holzindustrie erwächst (Sauerwein 2010). Diesen Trend bestätigen die BWI 3-Ergebnisse, wonach der Nadelbaumanteil im Zeitraum von 2002 bis 2012 um 4 % bundesweit gesunken ist und bei Fichte die Holznutzung 15 % über dem Zuwachs lag (BMEL 2014).

Zur Sicherung der Rohstoffversorgung der inländischen Holzverarbeitenden Industrie und somit der Erhaltung der Arbeitsplätze und Wertschöpfung in den ländlichen Räumen bedarf es konkreter Strategien zur stofflichen Nutzung bisher ungenutzter bzw. vorwiegend energetisch genutzter geringwertiger Laubholzsortimente.

Aus dieser Situationsbeschreibung ergibt sich folgende Aufgabenstellung: Es soll ein ökologisch vertretbarer und nachhaltiger, wirksamer Lösungsansatz zur Abmilderung der bereits eingetretenen und sich weiter verschärfenden Rohholzverknappung, vor allem der Nadelholzsortimente, erarbeitet

werden. Dazu muss zunächst eine baumartenspezifische Potenzialanalyse des Laubholzaufkommens einschließlich der zu erwartenden Stärke- und Güteklassenanteile durchgeführt werden. Als Prognosewerkzeug wird das Softwaresystem „WaldPlaner“ der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt verwandt, das auf der Basis des Waldwachstumssimulators TreeGroSS u. a. erlaubt, die Auswirkungen verschiedener waldbaulicher Strategien auf das Rohholzaufkommen zu quantifizieren (Hansen 2012, Hansen und Nagel 2014).

I.3 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Das Gesamtprojekt gliedert sich in fünf miteinander verknüpfte wissenschaftliche Arbeitspakete, die den Themenkomplex der geringwertigen Laubholzsortimente interdisziplinär aus unterschiedlichen Blickwinkeln bearbeiten:

1. baumartenspezifische Potenzialanalyse des Laubholzaufkommens, einschließlich der zu erwartenden Stärkeklassen- und Güteklassenanteile (Teilprojekt (TP) 1: Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Abteilung Waldwachstum, H. Spellmann),
2. Betrachtung der Wertschöpfungskette Laubholz im Hinblick auf die stoffliche Verwertung geringwertiger Sortimente (TP 2: Burckhardt-Institut, Abt. Forstökonomie und Forsteinrichtung der Universität Göttingen, B. Möhring),
3. Betrachtung der Wertschöpfungskette Laubholz in der Sägeindustrie (TP 3a: Burckhardt-Institut, Abt. Holzbiologie und Holzprodukte, H. Militz), und Nutzung geringwertiger Laubhölzer zur Herstellung von holzfaserbasierten Dämmstoffen (TP 3b: Burckhardt-Institut, Abt. Holzbiologie und Holzprodukte, C. Mai),
4. die Entwicklung neuartiger Holzwerkstoffe, insbesondere Span- und Faserplatten mit besonderen Eigenschaften (TP 4: Büsgen-Institut Abt. Molekulare Holzbiotechnologie, A. Kharazipour),
5. industrienähe Untersuchungen zur Optimierung der Zerkleinerungstechnologie sowie der Herstellung von Faserplattenwerkstoffen auf Basis geringwertiger Laubholzsortimente (TP 5: Fraunhofer-Institut für Holzforschung, D. Bertold).

Im Projektzeitraum wurden die Arbeitstreffen in Göttingen durchgeführt am:

04.07.2016

16.01.2017

09.08.2017

11.06.2018

20.12.2018

II Ergebnisse

II.1 Analyse des Nutzungsverhaltens zwischen Bundeswaldinventur 2 und 3

II.1.1 Datengrundlage und methodisches Vorgehen

Zur Analyse des Nutzungsverhaltens im Zeitraum von 2002 (Bundeswaldinventur 2, kurz BWI 2) bis 2012 (BWI 3) dienen Daten der öffentlichen Datenbank des Johann Heinrich von Thünen-Institutes zur dritten BWI (<https://bwi.info>). Aus dieser Datenbank lassen sich Informationen zum Zustand des Waldes (Vorrat, Wald-, Holzbodenfläche) und Änderungen (Nutzung und Zuwachs des Derbholzvorrates, Flächenveränderungen) im Vergleich zur BWI 2 abrufen.

Die abgerufenen Daten sind nach Baumartengruppe, Baumalters- bzw. Durchmesserklasse, Bundesland und für weitergehende Analysen auch nach der Eigentumsart stratifiziert. Die Eigentumsarten Privat- und Körperschaftswald sowie Bundes- und Landeswald wurden jeweils zu einer Eigentumsartengruppe zusammengefasst und ausgewertet.

Eine tiefer gehende Analyse nach verschiedenen Baumarten (z. B. Erle, Esche, Ahorn) oder höheren Altersklassen (älter als 120 Jahre o. ä.) wird aufgrund der teilweise sehr hohen relativen Fehler, insbesondere der Veränderungsgrößen (über 100 %), nicht durchgeführt. Ebenso werden keine detaillierten Auswertungen zu den Baumartengruppen Tanne (bei Besitzartübergreifenden Analysen der Fichte zugeordnet), Douglasie und Lärche durchgeführt.

II.1.2 Waldzustand und Nutzungsverhalten in Hessen

Hessen hat zum Stichjahr 2012 (Bundeswaldinventur 3) eine Waldfläche von 894.180 ha. Bezogen auf die Landesfläche ist es zu 42 % mit Wald bedeckt und neben Rheinland-Pfalz eines der waldreichsten Bundesländer in Deutschland. Die größten Waldbesitzer in Hessen sind das Land Hessen selbst (34 %) und Körperschaften (36 %). Der Privatwald nimmt in Hessen 25 % der Waldfläche ein und im Besitz des Bundes befindet sich lediglich 1 % des Waldes.

Von der genannten Waldfläche sind 95,4 % (853.390 ha) Holzboden¹. Von 2002 bis 2012 hat die gesamte Waldfläche in Hessen um 4.799 ha zugenommen. Allerdings hat sich die Holzbodenfläche der Nadelhölzer (Fichte, Kiefer, Lärche) im Vergleich zu 2002 verringert, die der Laubhölzer erhöht. Den größten Anteil an der Waldfläche hat die Baumart Buche (30,3 %), gefolgt von Fichte (21,7 %) und Eiche (13,2 %). Die restliche Fläche verteilt sich vor allem auf die Baumartengruppen Kiefer (9,3 %) sowie Anderes Laubholz mit hoher (ALh, 7,0 %) bzw. niedriger Lebensdauer (ALn, 7,2 %).

Einen Überblick über die Verteilung der Flächen der Baumartengruppen nach Altersklassen gibt Abbildung 1. Die Buche hat in allen Altersklassen einen vergleichsweise hohen Flächenanteil. Bei der Eiche ist zu erkennen, dass die Fläche mit steigendem Alter ebenfalls ansteigt. Umgekehrt ist es bei den Laubhölzern mit niedriger (ALn) und hoher (ALh) Lebensdauer. Dort nimmt die Fläche mit steigendem Alter ab. Ein Großteil der Fichtenfläche befindet sich in einem Alter zwischen 21 und 60 Jahren, gleiches gilt für die Baumartengruppe Lärche. Es sind aber auch nennenswerte Flächen

¹ Dauernd zur Holzerzeugung bestimmte Fläche. Dazu gehören auch Gräben, Leitungstrassen, zeitweilig unbestockte Flächen (Blößen) sowie Wege und Schneisen unter 5 m Breite, auch Flächen wie z. B. in Nationalparks.

der Baumartengruppe Fichte in der 6. Altersklasse (101 bis 120 Jahre) zu finden. Die Douglasienbestände in Hessen befinden sich meist in einem Alter von 21 bis 40 Jahren. Die Flächenanteile der Kiefer sind recht gleichmäßig auf die höheren Altersklassen verteilt. In den ersten beiden Altersklassen ist der Kiefernanteil am geringsten.

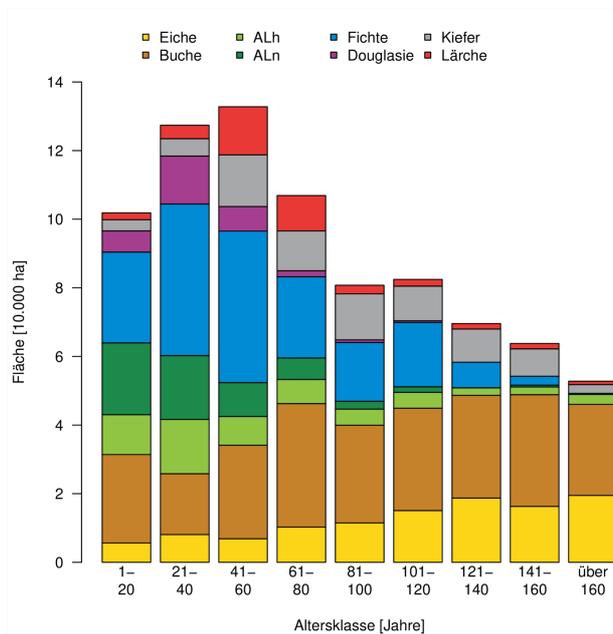


Abbildung 1: Waldfläche getrennt nach Baumartengruppen und Altersklassen in Hessen.

Im Verlauf der Jahre 2002 bis 2012 wurden jährlich etwa 5,7 Mio. Erntefestmeter² (Efm) in Hessen genutzt. Davon waren rund 36 % Laub- und etwa 64 % Nadelholz. Gleichzeitig betrug der jährliche Zuwachs im Mittel über alle Laubhölzer 3,9 Mio. Efm und über alle Nadelhölzer 3,8 Mio. Efm. Somit sind beim Laubholz 53 % und beim Nadelholz 95 % des Zuwachses genutzt worden. Durch Erntemaßnahmen können auch einzelne Bäume des verbleibenden Bestandes in Form von Rücke- oder Fällschäden beschädigt werden. Diese Beschädigungen können die Qualität des zukünftigen Erntebaumes nachteilig beeinflussen. Wobei sich bei Buche eher Fäll- und bei Fichte Rückeschäden negativ auf die Qualität auswirken. Bei der dritten Bundeswaldinventur (BWI) konnte festgestellt werden, dass 12,9 % des gesamten Holzvorrates in Hessen von rund 289 Mio. Vorratsfestmeter³ (Vfm) Rücke- oder Fällschäden aufweisen. Bundesweit betrachtet sind bei einem Anteil von 9,9 % des Gesamtvorrates (3,7 Mrd. Vfm) bzw. an etwa jedem 20. Baum solche Schäden zu finden.

II.1.2.1 Vorrat und Nutzung nach Durchmesserklassen

In Abbildung 2 sind der Derbholzvorrat und die jährlichen Nutzungsmengen der verschiedenen Baumartengruppen getrennt nach Durchmesserklassen in Hessen über alle Eigentumsarten zu

2 Holzmaß in m³. Es entspricht einem Vorratsfestmeter abzüglich ca. 10 % Rindenverluste und ca. 10 % Verluste bei der Holzernte.

3 Maßeinheit für den stehenden Vorrat (Derbholz).

sehen. Die höchsten Vorräte sind mit rund 87 Mio. Vfm bei Buche zu finden, gefolgt von Fichte (ca. 76 Mio. Vfm), Eiche (34 Mio. Vfm) und Kiefer (27 Mio. Vfm). Sowohl bei Eiche als auch bei Buche befindet sich ein Großteil der Vorräte in den mittleren Durchmesserklassen (30 bis 60 cm). Der Vorrat der Laubhölzer mit langer bzw. geringer Lebensdauer ist geringer als bei Buche oder Eiche (etwa 13 bzw. 9 Mio. Vfm) und verteilt sich hauptsächlich auf die unteren sowie mittleren Durchmesserklassen. Der Vorrat der wirtschaftlich wichtigen Nadelholzarten Fichte und Kiefer verteilt sich ähnlich (20 bis 50 cm) wie bei Eiche und Buche (siehe Abbildung 2 a). Die jährlichen Nutzungen im Zeitraum von 2002 bis 2012 sind bei Eiche und Buche im Bereich von 20 bis 60 cm ähnlich verteilt. Es wird auch deutlich, welcher großen Anteil die Buche am Einschlag für die Forstbetriebe in Hessen hat. Die Nutzung der Fichten und Kiefern erfolgt zum Großteil in der Durchmesserspanne von 20 bis 50 cm (siehe Abbildung 2 b).

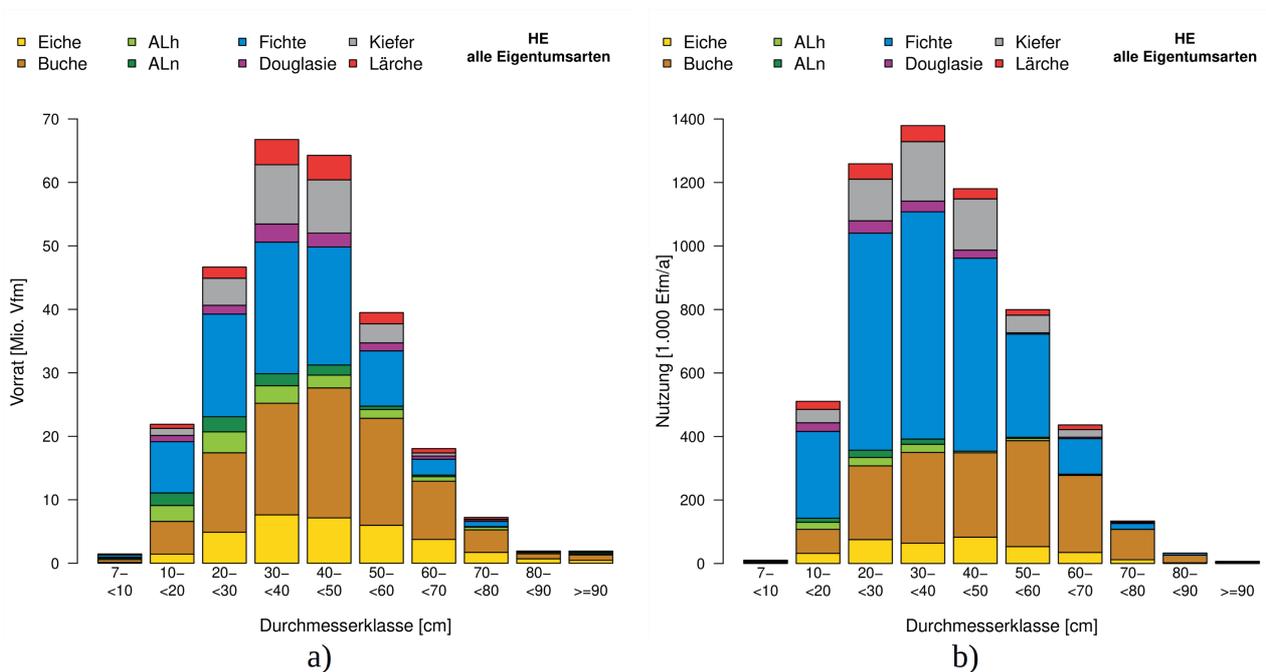


Abbildung 2: Derbholzvorrat [Mio. Vfm] und jährliche Nutzung [1.000 Efm/a] der verschiedenen Baumartengruppen getrennt nach Durchmesserklassen [cm] in Hessen über alle Eigentumsarten.

II.1.2.2 Eiche

Der Vorrat pro Hektar der Eichenbestände im Staatswald hat sich in den mittleren und höheren Altersklassen (über 80 Jahre) im Vergleich zur BWI 2 erhöht (siehe Abbildung 3 a). Er liegt hier im Jahr 2012 zwischen rund 303 und 364 Vfm/ha. In den Altersklassen von 41 bis 80 Jahren hingegen hat sich der Vorrat verringert und beträgt zum Stichjahr der BWI 3 etwa 208 bzw. 288 Vfm/ha. Die Verteilung der Flächenanteile hat sich kaum geändert. Wobei sich die meisten Flächen in der Altersklasse über 140 Jahre befinden und die Verjüngungsfläche (Alter unter 21 Jahren) zurückgegangen ist. Ein deutlicher Nutzungsschwerpunkt mit rund 78 Vfm/ha im Betrachtungszeitraum zeigt sich hier im Alter zwischen 81 und 100 Jahren. Der mittlere jährlich Einschlag zwischen BWI 2 und BWI 3 betrug in den Eichenbeständen des hessischen Staatswaldes 3,0 Efm/ha und ist damit deutlich geringer als in der vorherigen Periode (BWI 1 zu BWI 2: 3,9 Efm/(ha*a) (Hansen et al. 2008)).

Im Vergleich zum Staatswald hat sich der Vorrat je Hektar im Privat- und Körperschaftswald in der Altersklasse 121 bis 140 Jahre von 2002 zu 2012 verringert und in den anderen Altersklassen kaum verändert bzw. erhöht (siehe Abbildung 3 b). Die Vorräte bewegen sich hier zwischen rund 38 Vfm/ha in der kleinsten Altersklasse und etwa 378 Vfm/ha in der größten Altersklasse. Die Flächenanteile in den Altersklassen über 120 Jahre haben sich nennenswert erhöht. In der kleinsten Altersklasse kann auch hier ein Rückgang der Fläche festgestellt werden. Am stärksten wurde in Eichenbeständen mit einem Alter von über 120 Jahren im Privat- und Körperschaftswald genutzt (rund 65 Vfm/(ha*10 a)). Der durchschnittliche Einschlag lag hier bei 3,3 Efm/(ha*a). Somit war er etwas höher als im Staatswald und bewegt sich im Rahmen der letzten Betrachtungsperiode (BWI 1 zu BWI 2: 3,2 Efm/(ha*a) (Hansen et al. 2008)).

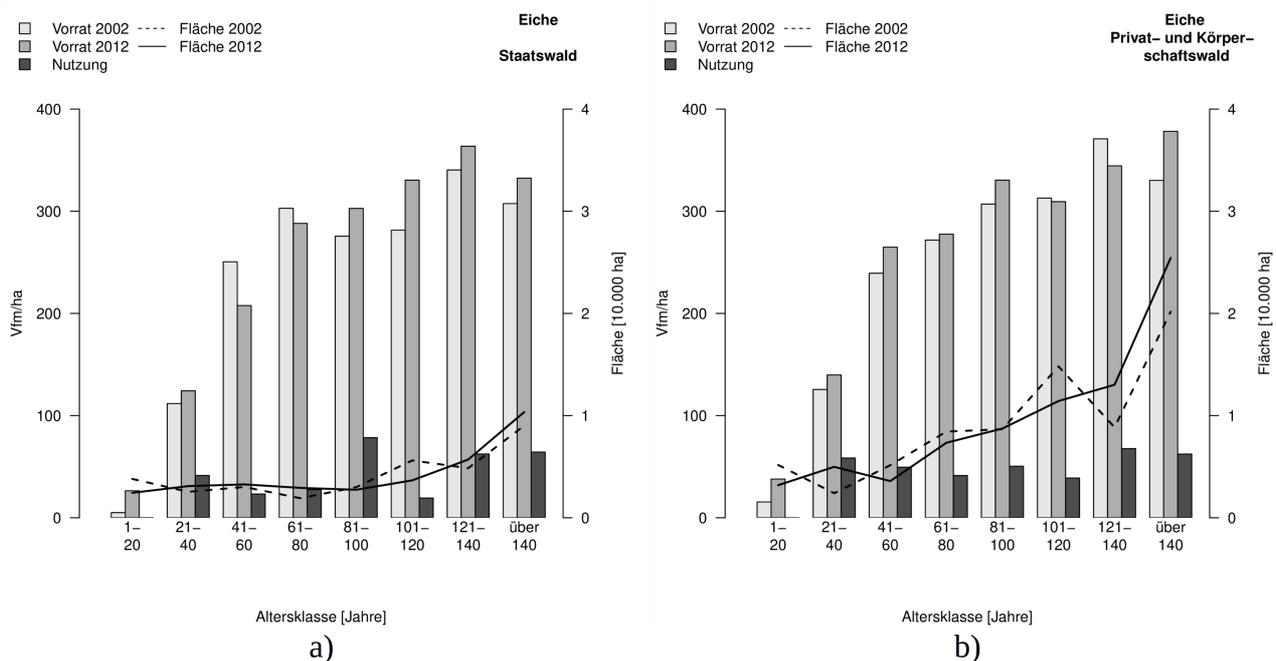


Abbildung 3: Vorrat und Nutzung (Vfm/ha) sowie Flächenausstattung von Eichenbeständen getrennt nach Altersklassen im Staats- (a) sowie Privat- und Körperschaftswald (b) in Hessen.

II.1.2.3 Buche

Im hessischen Staatswald hat sich im Zeitraum von 2002 bis 2012 in den Buchenbeständen nur im Alter von 21 bis 40 Jahren der Vorrat je Hektar etwas verringert (siehe Abbildung 4 a). In den anderen Altersklassen ist ein Vorratsanstieg festzustellen. Dieser beträgt in den Beständen über 100 Jahren rund 397 bis 430 Vfm/ha. Im Vergleich zur BWI 2 hat sich die Flächenausstattung über um eine Altersklasse verschoben. Die höchsten Flächenanteile finden sich in den Altersklassen 61 bis 80 Jahre und über 140 Jahre. Die größten Nutzungsmengen sind in den höheren Altersklassen (81 bis 100 Jahre und über 120 Jahre) zu finden und betragen rund 90 Vfm/ha bzw. etwa 145 Vfm/ha bezogen auf den Betrachtungszeitraum von 10 Jahren. Der jährliche Einschlag im Staatswald lag zwischen BWI 2 und BWI 3 bei 5,4 Efm/ha und damit unter der zwischen BWI 1 und BWI 2 festgestellten Einschlagsvolumen von 5,9 Efm/(ha*a) (Hansen et al. 2008).

Im Privat- und Körperschaftswald hat sich der Vorrat je Hektar zwischen den beiden Stichjahren kaum verändert (siehe Abbildung 4 b). Jedoch ist er teilweise höher als im Staatswald, wobei Bestände mit einem Alter von über 100 Jahren Vorräte zwischen 461 und 491 Vfm/ha aufweisen. Auch hat sich der absolute Vorrat der über 140-jährigen Buchenbestände um rund 4,8 Mio. Vfm erhöht. Gleichzeitig ist die Fläche in dieser Altersklasse um ca. 9.500 ha angestiegen. Allerdings hat die Fläche der Altersklasse unter 21 Jahre um rund 6.200 ha abgenommen. Insgesamt ist die Buchenfläche im Privat- und Körperschaftswald in Hessen um rund 28.500 ha größer als im Staatswald. Nutzungsschwerpunkte sind bei dieser Besitzart ebenfalls in den höheren Altersklassen (über 120 Jahre) zu finden und betragen dort rund 110 bzw. 145 Vfm/ha im Betrachtungszeitraum von 2002 bis 2012. Der mittlere jährliche Einschlag zwischen den beiden letzten Bundeswaldinventuren betrug 6,0 Efm/ha. Damit war er höher als im Staatswald und etwas geringer als im vorherigen Zeitraum zwischen BWI 1 und BWI 2 (6,3 Efm/(ha*a) (Hansen et al. 2008)).

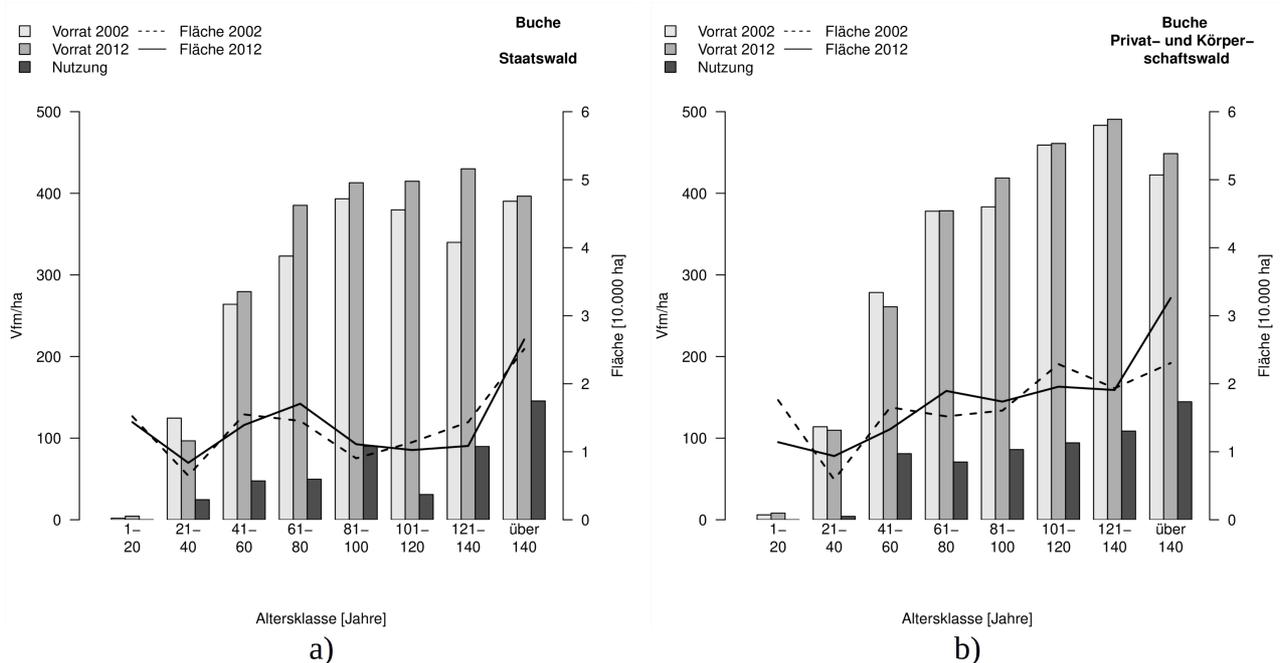


Abbildung 4: Vorrat und Nutzung (Vfm/ha) sowie Flächenausstattung von Buchenbeständen getrennt nach Altersklassen im Staats- (a) sowie Privat- und Körperschaftswald (b) in Hessen.

II.1.2.4 Anderes Laubholz mit hoher Lebensdauer

Die Baumartengruppe anderes Laubholz mit hoher Lebensdauer (ALh) enthält die Ahornarten, Esche, Hainbuche sowie die Linden- und Ulmenarten. Aber auch Robinie, Rosskastanie oder Speierling. Aufgrund der Baumartenvielfalt und dem geringen Waldflächenanteil dieser Baumartengruppe ist eine Auswertung getrennt nach Eigentumsarten oder gar einzelnen Baumarten mit hohen statistischen Fehlern behaftet und somit nicht aussagekräftig. Daher wird das Nutzungsverhalten dieser Baumartengruppe nur auf Bundeslandebene analysiert.

Der absolute Vorrat hat sich bei dieser Baumartengruppe in allen Altersklassen von 2002 zu 2012 erhöht. Durch die unterschiedliche Flächenausstattung der Altersklassen ergibt sich auch relativ gesehen meist ein Vorratsanstieg. Der Derbholzvorrat ist mit rund 408 Vfm/ha in der Altersklasse

81 bis 100 Jahre am höchsten (siehe Abbildung 5 a). Insbesondere in der Altersklasse 21 bis 40 Jahre ist ein Anstieg der Fläche im Vergleich zur BWI 2 zu erkennen. Die Nutzungsmengen bewegen sich im Betrachtungszeitraum von 2002 bis 2012 und in den Altersklassen über 40 Jahren zwischen etwa 31 bis 51 Vfm/ha. Im Mittel betrug der jährliche Einschlag rund 1,7 Efm/ha.

II.1.2.5 Anderes Laubholz mit niedriger Lebensdauer

In der Baumartengruppe anderes Laubholz mit niedriger Lebensdauer sind die Birken-, Erlen- und Pappelarten zusammengefasst. Aber auch Elsbeere, Vogelkirsche oder Wildobst gehören dazu. Auch hier wird das Nutzungsverhalten nur auf Bundeslandebene untersucht.

Der Vorrat je Hektar ist bei dieser Baumartengruppe in den Altersklassen 21 bis 40 Jahre und über 80 Jahren im Vergleich von 2002 zu 2012 gefallen und in den anderen Altersklassen gestiegen (siehe Abbildung 5 b). Der relative Vorrat in den Beständen im Alter von 21 bis 80 Jahren beträgt zwischen 146 und 289 Vfm/ha und in Beständen über 80 Jahren rund 314 Vfm/ha. Ein Großteil der Flächen (rund 39.500 ha) dieser Baumartengruppe ist jünger als 41 Jahre. Die Nutzungsmengen bewegten sich je nach Altersklasse zwischen etwa 24 und 43 Vfm/(ha*10 a). Im Vergleich zur vorangegangenen Periode (BWI 1 zu BWI 2) ist der mittlere jährliche Hiebsatz verhältnismäßig stark gesunken und betrug zwischen BWI 2 und BWI 3 nur etwa 1,1 Efm/ha (vorher 2,3 Efm/(ha*a) (Hansen et al. 2008)).

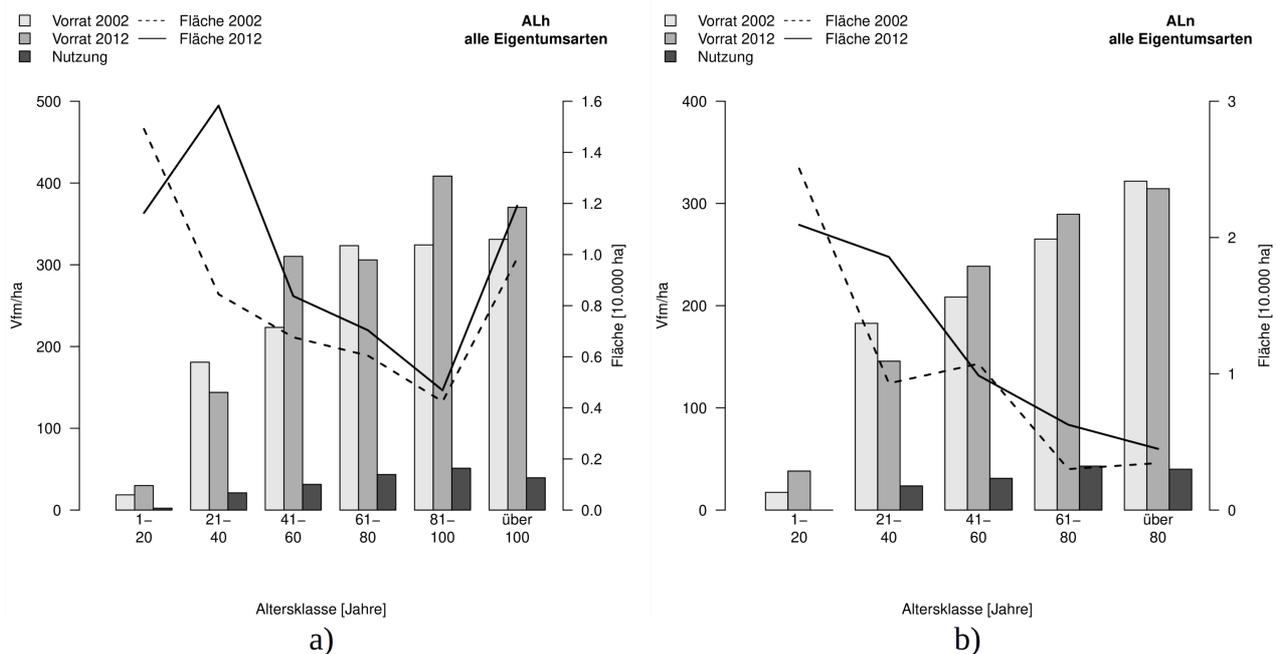


Abbildung 5: Vorrat und Nutzung (Vfm/ha) sowie Flächenausstattung von Laubholzbeständen anderer Arten mit hoher (ALh, a) und niedriger Lebensdauer (ALn, b) über alle Eigentumsarten in Hessen.

II.1.2.6 Fichte

In der Altersklasse 41 bis 60 Jahre hat sich der Vorrat je Hektar der Fichtenbestände im Staatswald von BWI 2 zu BWI 3 kaum geändert. In den anderen Altersklassen fand ein moderater

Vorratsaufbau bzw. -abbau statt (siehe Abbildung 6 a). Der Derbholzvorrat beträgt nun etwa 290 Vfm/ha (21 bis 40 Jahre) bis 562 Vfm/ha (> 100 Jahre) mit einem Maximum von 598 Vfm/ha in Beständen zwischen 81 und 100 Jahren. Insbesondere die Flächenanteile in den Altersklassen unter 41 Jahren und zwischen 81 bis 100 Jahren gingen zurück. Die Nutzungen waren in allen Fichtenbeständen ab einem Alter von 20 Jahren im Vergleich zu den anderen Baumartengruppen relativ hoch. Dies ist teilweise auf die flächig Nutzungen (ca. 34,3 % über alle Eigentumsarten) aufgrund von Sturmereignissen (Kyrill 2007, Emma 2008, Xynthia 2010) in der betrachteten Periode zurückzuführen. Der mittlere Einschlag in den Fichtenbeständen im hessischen Staatswald betrug rund 15,3 Efm/(ha*a) und ist im Vergleich zum Zeitraum BWI 1 bis BWI 2 stark angestiegen (9,6 Efm/(ha*a) (Hansen et al. 2008)).

Im Privat- und Körperschaftswald fand trotz hoher Nutzungen von 112 bis 378 Vfm/(ha*10 a) in allen Altersklassen ein Anstieg des Vorrates je Hektar statt. In den Altersklassen über 60 Jahre beträgt der Derbholzvorrat nunmehr etwa 600 Vfm/ha und ist höher als im Staatswald (siehe Abbildung 6 b). Die Fläche in der Altersklasse unter 21 Jahre hat sich leicht erhöht und in den folgenden Altersklassen (21 bis 60 Jahre) sind die größten Flächenanteile zu finden. Diese Flächen stellen im Privat- und Körperschaftswald aber auch im Staatswald wichtige Flächen mit zukünftigen Zuwachs- und Nutzungspotenzialen dar. Aufgrund der Entwicklungen im Jahr 2018 (Sturm Friederike im Januar, lange und warme Trockenperiode bis in den Spätherbst mit entsprechender Entwicklung von Borkenkäfern) ist die zukünftige Entwicklung dieser Flächen keineswegs gesichert. In den Fichtenbeständen des Privat- und Körperschaftswaldes in Hessen betrug der Hiebsatz etwa 14,9 Efm/(ha*a). Somit ist er auch bei dieser Eigentumsart im Vergleich zur vorherigen Periode stark angestiegen (BWI 1 bis BWI 2: 9,0 Efm/(ha*a) (Hansen et al. 2008)). Dieser Nutzungsanstieg ist auf die natürliche Wuchsdynamik der Fichte und die flächigen Nutzungen infolge von Sturmereignissen zurückzuführen.

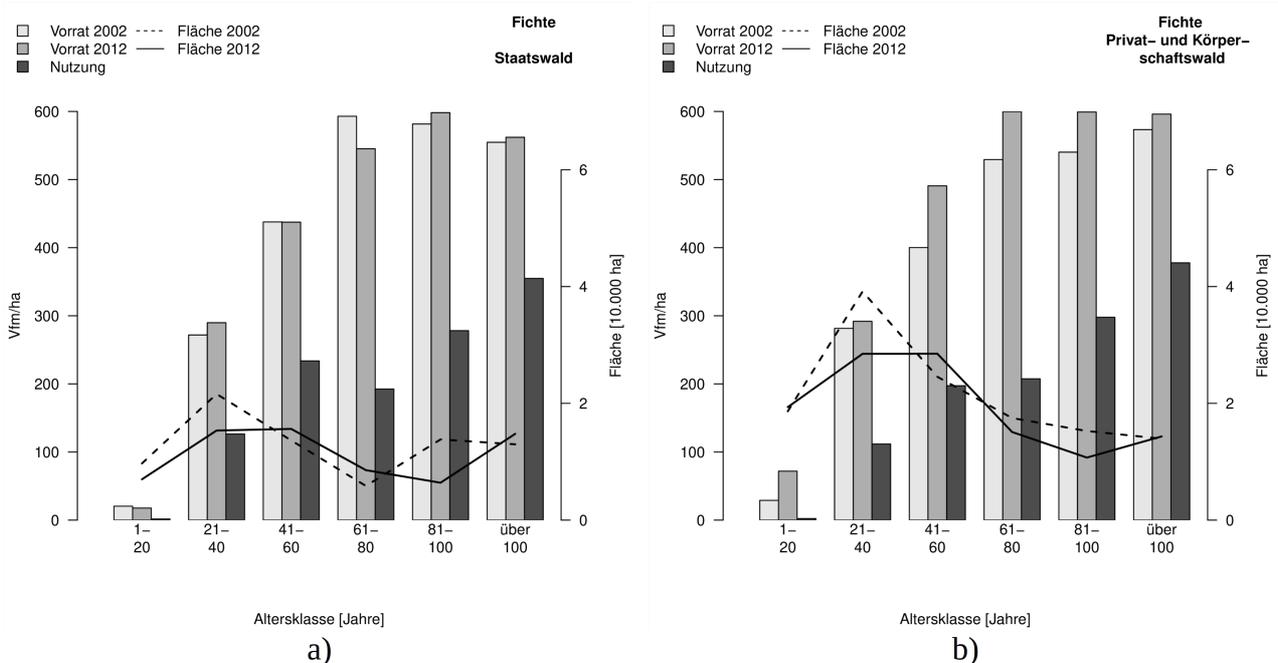


Abbildung 6: Vorrat und Nutzung (Vfm/ha) sowie Flächenausstattung von Fichtenbeständen getrennt nach Altersklassen im Staats- (a) sowie Privat- und Körperschaftswald (b) in Hessen.

II.1.2.7 Kiefer

Je nach Altersklasse fand in den Kieferbeständen des hessischen Staatswaldes ein Vorratsauf- bzw. -abbau statt (siehe Abbildung 7 a). Tendenziell nahm der Vorrat je Hektar in den Beständen unter 41 Jahren von BWI 2 zu BWI 3 ab (21 bis 40 Jahre: ca. 230 Vfm/ha), in den Altersklassen darüber allerdings zu (304 bis 392 Vfm/ha). Die Flächenanteile haben sich insgesamt betrachtet kaum verändert. Allerdings ist die Fläche der Kieferbestände des Staatswaldes leicht gesunken und es fand eine Verschiebung in der Altersklasse 61 bis 80 Jahre statt. Nutzungsspitzen von etwa 105 Vfm/(ha*10 a) sind hier in den Altersklassen über 81 Jahren zu erkennen. Der mittlere jährliche Einschlag betrug 5,4 Efm/ha und ist geringer als im vorangegangenen Zeitraum (BWI 1 zu BWI 2: 6,1 Efm/(ha*a) (Hansen et al. 2008)).

Im Privat- und Körperschaftswald ist die Vorratsentwicklung wie auch im Staatswald nicht gleichgerichtet (siehe Abbildung 7 b). In der Alterklasse 21 bis 40 Jahre beträgt der Derbholzvorrat nunmehr ca. 180 Vfm/ha und steigt bis auf 384 Vfm/ha in den über 100-jährigen Beständen an. Der maximale Vorrat von 398 Vfm/ha findet sich im Jahr 2012 in den Beständen mit einem Alter von 81 bis 100 Jahren. Der Flächenanteil über 80-jähriger Kieferbestände ist hier höher als im Staatswald. Allerdings ist der Anteil junger Kieferbestände (unter 21 Jahre) noch geringer als im Staatswald. Die Nutzungsschwerpunkte sind hier mit rund 133 und 148 Vfm/(ha*10 a) in der Altersklasse 41 bis 60 Jahren und in Beständen mit einem Alter von über 100 Jahren zu finden. Der Hiebsatz war mit 6,7 Efm/(ha*a) höher als im Staatswald, ist aber im Vergleich zur Vorperiode gleich geblieben (Hansen et al. 2008).

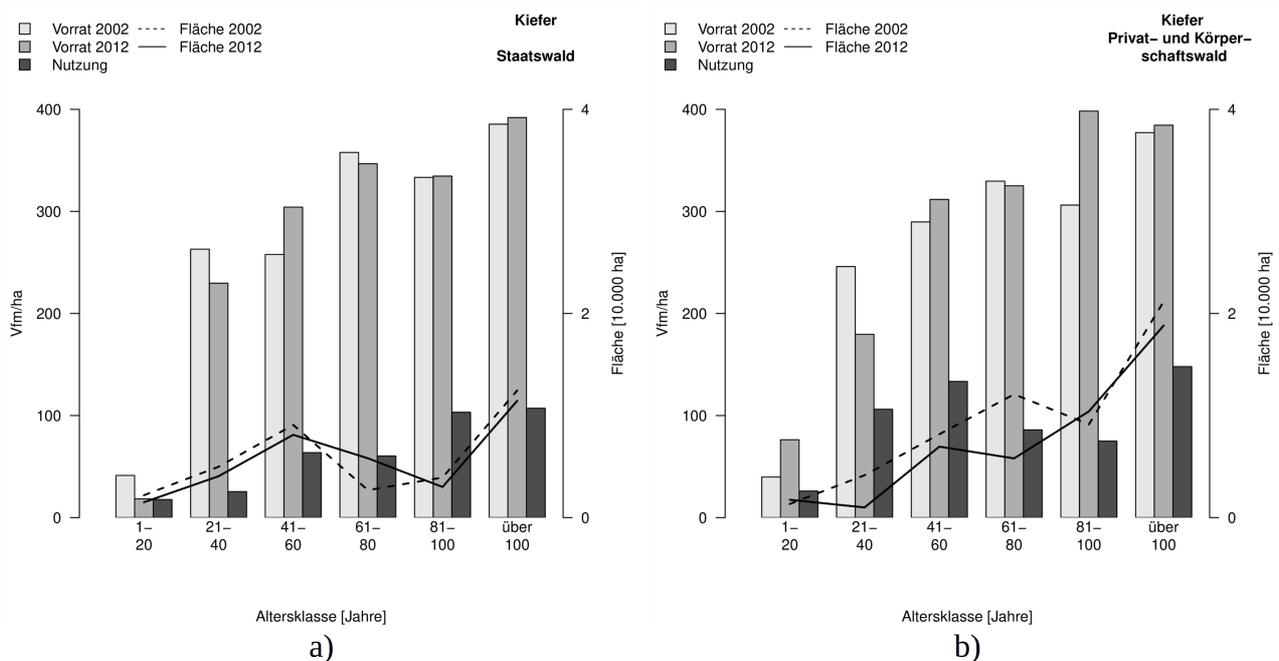


Abbildung 7: Vorrat und Nutzung (Vfm/ha) sowie Flächenausstattung von Kieferbeständen getrennt nach Altersklassen im Staats- (a) sowie Privat- und Körperschaftswald (b) in Hessen.

II.1.3 Waldzustand und Nutzungsverhalten in Niedersachsen

Die Waldfläche in Niedersachsen beträgt 1.204.591 ha und es ist somit zu einem Viertel mit Wald bedeckt. Im bundesweiten Vergleich der Gesamtwaldfläche der einzelnen Länder liegt Niedersachsen an dritter Stelle hinter Bayern und Baden-Württemberg. Der niedersächsische Wald gehört zu großen Teilen privaten Waldbesitzern (59 %) und dem Land Niedersachsen (28 %). Die Körperschaften besitzen 8 % des Waldes in Niedersachsen und 5 % befinden sich im Eigentum des Bundes.

Von der genannten Waldfläche sind 1.161.444 ha bzw. 96,4 % Holzboden. Im Zeitraum von 2002 bis 2012 hat sich die gesamte Waldfläche in Niedersachsen um 11.720 ha und die des Holzbodens um 19.556 ha erhöht und die des Nichtholzbodens⁴ stark verringert hat. Wobei allerdings bei der Fichte ein Rückgang von 20.505 ha zu verzeichnen ist. Die Baumartengruppen Kiefer (29 %), Fichte (17 %) und Anderes Laubholz mit niedriger Lebensdauer (16 %) nehmen große Teile des Holzbodens in Niedersachsen ein. Aber auch Buche (14 %) und Eiche (13 %) haben einen großen Anteil an dieser Fläche. Die restliche Fläche verteilt sich auf die Baumartengruppen Lärche (5 %), Anderes Laubholz mit hoher Lebensdauer (4 %) sowie Douglasie (2 %).

Einen Überblick über die Verteilung der Flächen der Baumartengruppen nach Altersklassen gibt Abbildung 8. Die Flächen der Buche und der Baumartengruppe Eiche sind relativ gleichmäßig über die Altersklassen verteilt. Anderes Laubholz mit niedriger (ALn) und hoher (ALh) Lebensdauer findet sich meist in den Altersklassen zwischen 21 und 60 Jahren. Ein Großteil der Fichten- und Kiefernfläche befindet sich ebenfalls in diesen Altersklassen. Die Lärchen sind zumeist in einem Alter von 41 bis 60 Jahren. Die Douglasienbestände in Niedersachsen sind oftmals etwas jünger als die Lärchenbestände und befinden sich daher größtenteils in einem Alter von 21 bis 40 Jahren.

Im Verlauf der Jahre 2002 bis 2012 wurden jährlich etwa 6,3 Mio. Efm in Niedersachsen genutzt. Davon waren rund 30 % Laub- und etwa 70 % Nadelholz. Gleichzeitig betrug der jährliche Zuwachs im Mittel über alle Laubhölzer 3,9 Mio. Efm und über alle Nadelhölzer etwa 5,8 Mio. Efm. Somit sind beim Laubholz 48 % und beim Nadelholz 76 % des Zuwachses genutzt worden. Bei der BWI 3 wurde festgestellt, dass 6,7 % des gesamten Holzvorrates in Niedersachsen von rund 338 Mio. Vfm Rücke- oder Fällschäden aufweisen. Im bundesweiten Vergleich (Deutschland 9,9 % des Gesamtvorrates von 3,7 Mrd. Vfm mit Rücke- oder Fällschäden) sind in Niedersachsen somit weniger Rücke- oder Fällschäden zu finden.

4 Nicht zur Holzproduktion bestimmte Teile des Waldes, zum Beispiel Waldwege und Schneisen ab 5 m Breite, und Holzlagerplätze.

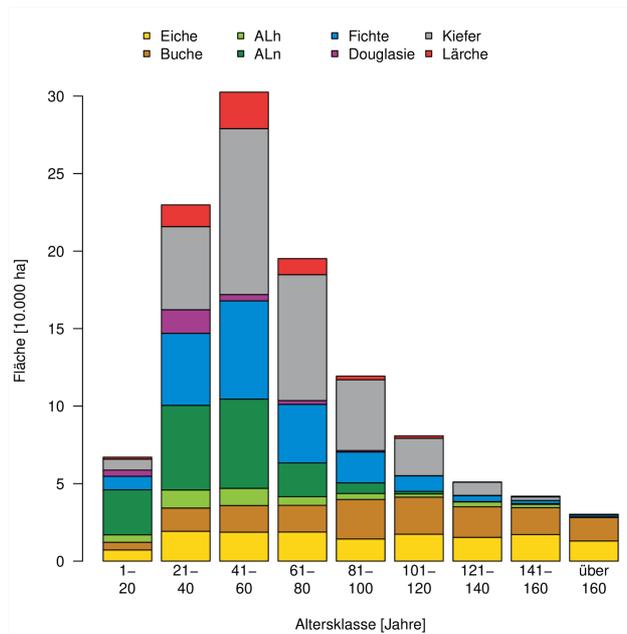


Abbildung 8: Waldfläche getrennt nach Baumartengruppen und Altersklassen in Niedersachsen.

II.1.3.1 Vorrat und Nutzung nach Durchmesserklassen

Den höchsten Vorrat in Niedersachsen hat im Stichjahr 2012 die Kiefer mit rund 87 Mio. Vfm, gefolgt von Fichte (etwa 70 Mio. Vfm), Buche (56 Mio. Vfm) und Eiche (45 Mio. Vfm). Ein Großteil des Kiefern- und Fichtenvorrates befindet sich im Durchmesserbereich von 20 bis 50 cm (siehe Abbildung 9 a). Bei Buche und Eiche sind die Klassen 40 bis 60 cm am stärksten besetzt. Einen bedeutenden Anteil am Vorrat hat in Niedersachsen die Baumartengruppen Laubholz mit niedriger Lebensdauer (ca. 10 %), wobei sich rund 74 % des Vorrates dieser Baumartengruppe im Bereich von 10 bis 40 cm befindet. Die Nutzungen der einzelnen Baumartengruppen zwischen BWI 2 und BWI 3 waren in Niedersachsen unterschiedlich stark (siehe Abbildung 9 b). Die Baumartengruppen Laubholz mit hoher und mit niedriger Lebensdauer wurden hauptsächlich in den Bereichen von 10 bis 40 cm genutzt. Im Gegensatz dazu sind die Nutzungsschwerpunkte im Betrachtungszeitraum von Eiche und Buche in den Durchmesserklassen 30 bis 50 cm zu finden. Am höchsten waren die jährlichen Nutzungen von Fichte und Kiefer im Durchmesserbereich von 20 bis 40 cm. Aber auch darüber hinaus können hohe Nutzungen in den wüchsigen Fichtenbeständen festgestellt werden.

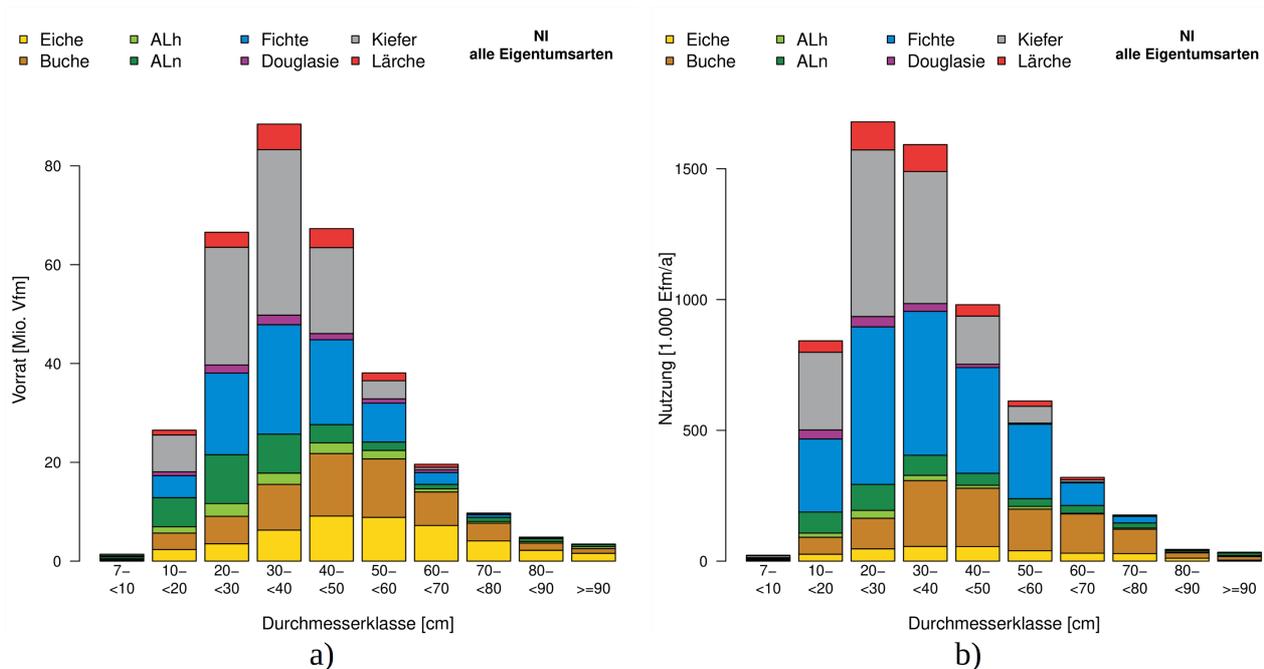


Abbildung 9: Derbholzvorrat [Mio. Vfm] und jährliche Nutzung [1.000 Efm/a] der verschiedenen Baumartengruppen getrennt nach Durchmesserklassen [cm] in Niedersachsen über alle Eigentumsarten.

II.1.3.2 Eiche

Im niedersächsischen Staatswald hat sich insbesondere der Vorrat der über 140-jährigen Eichenbestände von BWI 2 zu BWI 3 auf 374 Vfm/ha erhöht (siehe Abbildung 10 a). In der Altersklasse von 121 bis 140 Jahren hat sich der Derbholzvorrat allerdings stark verringert. In den anderen Altersklassen fanden nur geringfügige Veränderungen im Vergleich zur BWI 2 statt. Die Verjüngungsfläche (unter 21 Jahren) ist von 2002 zu 2012 stark zurückgegangen, ebenso die Fläche der Eichenbestände mit einem Alter von 101 bis 120 Jahren. In allen anderen Altersklassen hat sich die Fläche allerdings durch Verschiebungen erhöht. In den Altersklassen 21 bis 40 Jahre, 61 bis 80 Jahre und 101 bis 120 Jahre lagen die Nutzungsmengen zwischen 47 und 52 Vfm/(ha*10 a), aber auch in den über 140-jährigen Beständen sind hohe Nutzungen festzustellen (45 Vfm/(ha*10 a)). Der durchschnittliche Einschlag in den Eichenbeständen betrug zwischen BWI 2 und BWI 3 im Staatswald in Niedersachsen 2,9 Efm/(ha*a). In der vorherigen Periode (BWI 1 zu BWI 2) betrug er noch 3,7 Efm/(ha*a) (Rüther et al. 2007).

Die Vorräte in der Eiche im niedersächsischen Privat- und Körperschaftswald sind höher als im Staatswald. Im Vergleich zur BWI 2 fand in den Eichenbeständen, die älter als 100 Jahre sind ein Vorratsaufbau statt und nun liegen die Vorräte zwischen 416 und 489 Vfm/ha (siehe Abbildung 10 b). In den jüngeren Altersklassen haben sich die Vorräte kaum geändert. Die Verjüngungsfläche ist im Gegensatz zum Staatswald kaum zurückgegangen und in den Altersklassen 61 bis 80 Jahre sowie über 140 Jahre ist die Fläche durch Verschiebungen angestiegen. Die größten Nutzungsmengen fielen in Beständen mit einem Alter von 81 bis 100 Jahre (rund 37 Vfm/(ha*10 a)) und in über 140-jährigen Beständen (etwa 49 Vfm/(ha*10 a)) an. Der mittlere jährliche Einschlag im niedersächsischen Privat- und Körperschaftswald hat sich bei

der Eiche im Vergleich zur vorhergehenden Betrachtungsperiode (1987 bis 2002) nicht verändert und betrug 2,8 Efm/(ha*a).

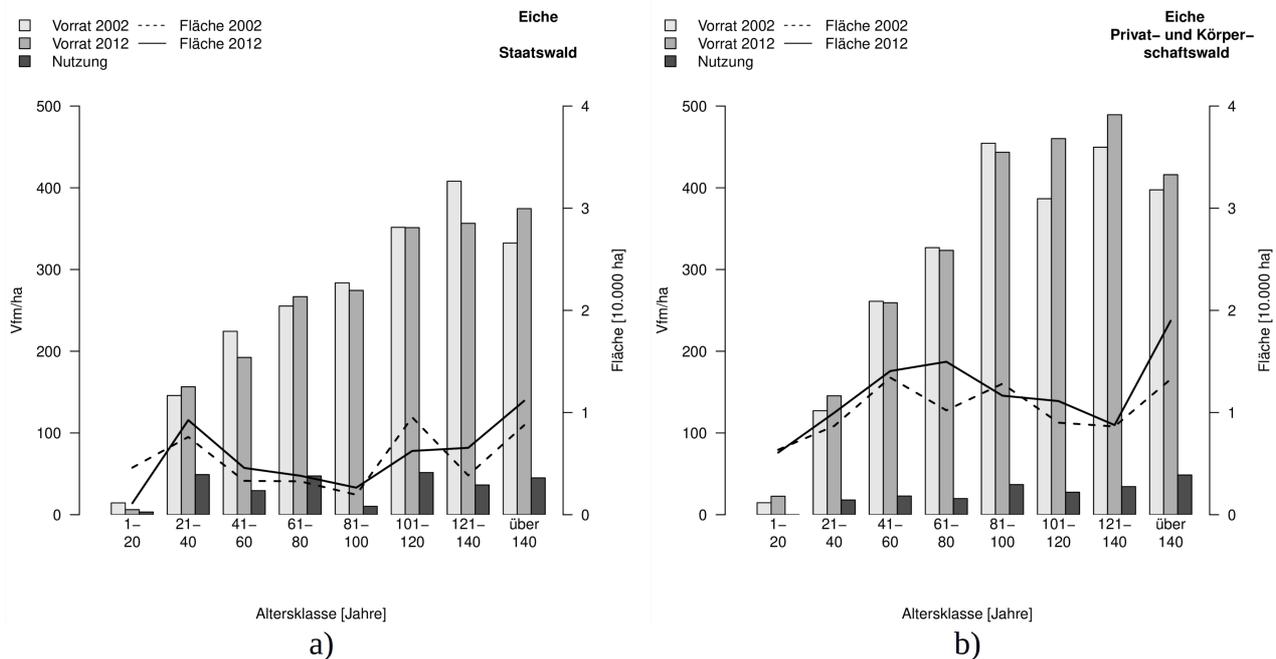


Abbildung 10: Vorrat und Nutzung (Vfm/ha) sowie Flächenausstattung von Eichenbeständen getrennt nach Altersklassen im Staats- (a) sowie Privat- und Körperschaftswald (b) in Niedersachsen.

II.1.3.3 Buche

Im Staatswald ist in den über 140-jährigen Buchenbeständen, im Gegensatz zu den anderen Altersklassen, der Derbholzvorrat von 2002 zu 2012 angestiegen und beträgt rund 413 Vfm/ha (siehe Abbildung 11 a). Im Vergleich zur BWI 2 hat sich die Fläche der Bestände unter 21 Jahren verkleinert und vor allem in der darauf folgenden Altersklasse (21 bis 40 Jahre) vergrößert. Dargestellt ist hier nur die Schnittmenge der Flächen aus BWI 2 und BWI 3, jedoch hat sich wie Eingangs erwähnt die aktuelle Holzbodenfläche erhöht. Nutzungsschwerpunkte von 111 bis 125 Vfm/(ha*10 a) sind hier in den Altersklassen 61 bis 80 Jahre und von 101 bis 140 Jahren zu finden. Geringer fielen die Nutzungen in den über 140 Jahre alten Buchenbeständen mit rund 82 Vfm/(ha*10 a) aus, wodurch der starke Vorratsanstieg erklärt werden kann. Der mittlere Einschlag belief sich zwischen BWI 2 und BWI 3 auf 6,4 Efm/(ha*a). Damit ist der Hiebsatz im Vergleich zur Vorperiode (BWI 1 zu BWI 2: 5,3 Efm/(ha*a) (Rüther et al. 2007)) um ca. 1 Efm angestiegen.

Im Unterschied zum Staatswald sind die Derbholzvorräte der Buchenbestände im Privat- und Körperschaftswald in den meisten Altersklassen von BWI 2 zu BWI 3 leicht angestiegen und liegen in den über 100 Jahre alten Beständen zwischen 458 und 484 Vfm/ha (siehe Abbildung 11 b). Besonders stark genutzt wurde in der Altersklasse über 140 Jahre (ca. 132 Vfm/(ha*10 a)). In den darunter liegenden Altersklassen (81 bis 140 Jahre) lagen die Nutzungsmengen zwischen 80 und 90 Vfm/(ha*10 a). Der mittlere jährliche Einschlag ist ähnlich hoch wie im Staatswald und beträgt

6,5 Efm/ha. Auch hier ist im Vergleich zur Vorperiode ein Anstieg des Einschlages von rund 1 Efm festzustellen (BWI 1 zu BWI 2: 5,5 Efm/(ha*a) (Rüther et al. 2007)).

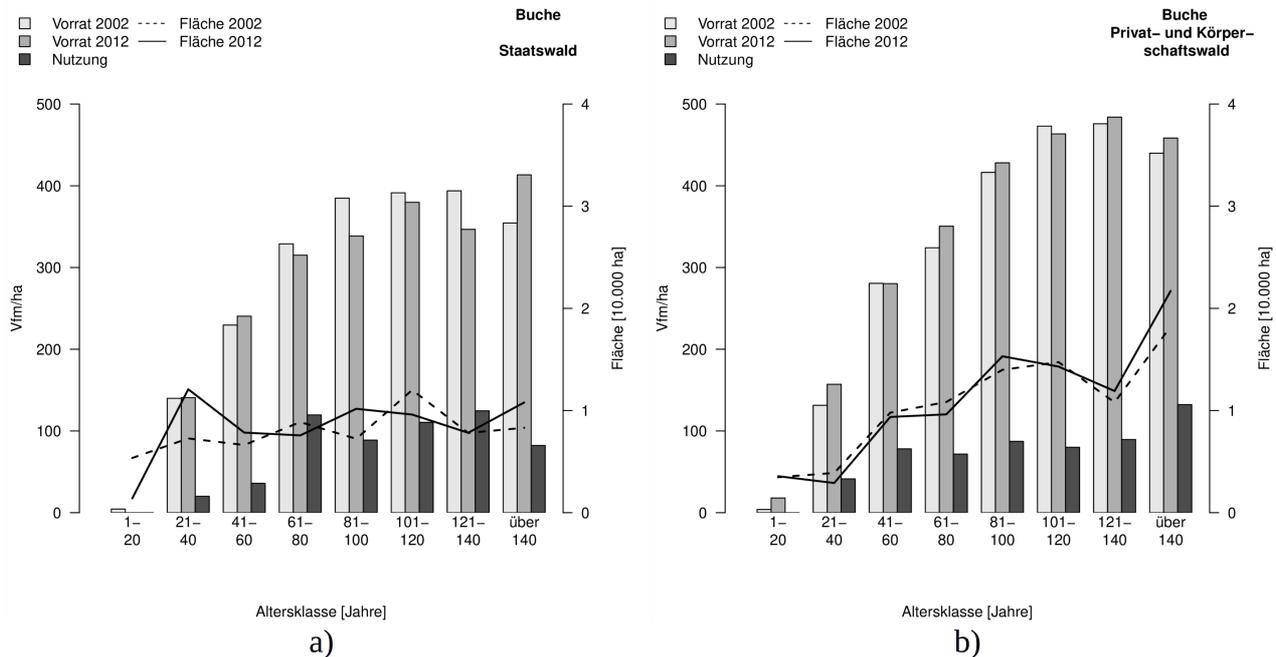


Abbildung 11: Vorrat und Nutzung (Vfm/ha) sowie Flächenausstattung von Buchenbeständen getrennt nach Altersklassen im Staats- (a) sowie Privat- und Körperschaftswald (b) in Niedersachsen.

II.1.3.4 Anderes Laubholz mit hoher Lebensdauer

Die Baumartengruppe Anderes Laubholz mit hoher Lebensdauer hat besonders im niedersächsischen Bergland mit einem Flächenanteil von 9 % (ML 2014) eine große Bedeutung. In den über 100-jährigen Beständen ist der Vorrat trotz einer hohen Nutzung von rund 70 Vfm pro Hektar im Jahrzehnt zwischen den Stichjahren der beiden letzten Bundeswaldinventuren auf etwa 416 Vfm/ha angestiegen (siehe Abbildung 12 a). In den anderen Altersklassen, insbesondere in den Beständen zwischen 81 und 100 Jahren, fand ein Vorratsabbau statt. Inwieweit dabei das Eschentriebsterben eine Rolle spielt, kann nicht aus den Daten der Bundeswaldinventur abgeleitet werden. Der Hiebsatz zwischen BWI 2 und BWI 3 betrug 2,5 Efm/(ha*a). Die Flächenanteile haben sich nicht nennenswert im Laufe des Betrachtungszeitraumes verschoben.

II.1.3.5 Anderes Laubholz mit niedriger Lebensdauer

Auch bei der Baumartengruppe der Laubhölzer mit niedriger Lebensdauer (ALn) zeigt sich, dass sich der Vorrat der höchsten Altersklasse (über 80 Jahre) zwischen BWI 2 und BWI 3 erhöht hat (275 Vfm/ha). Der maximale Derbholtvorrat von rund 318 Vfm/ha ist allerdings in den Beständen mit einem Alter von 61 bis 80 Jahren zu finden, wobei hier mit rund 58 Vfm/(ha*10 a) auch die größten Nutzungen stattfanden (siehe Abbildung 12 b). Die Fläche der unter 41-jährigen Bestände ist zurückgegangen, die der höheren Altersklassen angestiegen. Über alle Eigentumsarten hinweg

betrug der mittlere jährliche Einschlag etwa 2,4 Efm/ha und ist damit im Vergleich zur Vorperiode um mehr als 1 Efm angestiegen (BWI 1 zu BWI 2: im Mittel 1,1 Efm/(ha*a) (Rüther et al. 2007)).

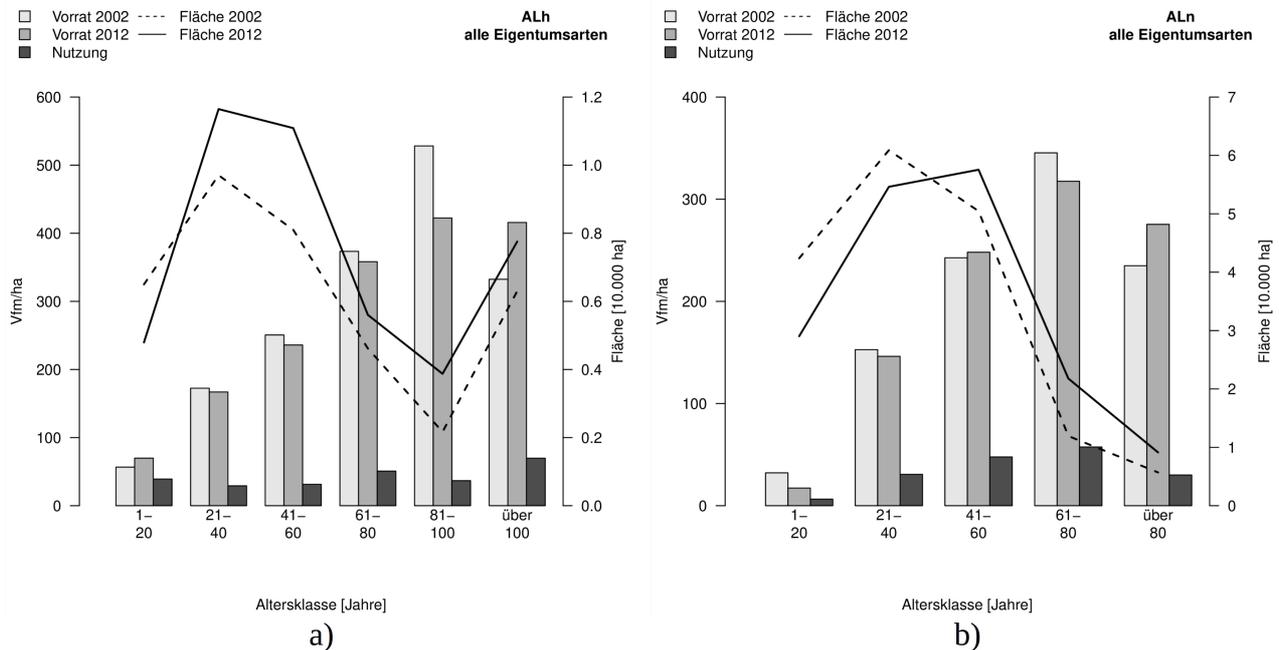


Abbildung 12: Vorrat und Nutzung (Vfm/ha) sowie Flächenausstattung von Laubholzbeständen anderer Arten mit hoher (ALh, a) und niedriger Lebensdauer (ALn, b) über alle Eigentumsarten in Niedersachsen.

II.1.3.6 Fichte

In den Fichtenbeständen des niedersächsischen Staatswaldes fand in der überwiegenden Zahl der Altersklassen im Vergleich von BWI 3 und BWI 2 ein Vorratsaufbau statt (siehe Abbildung 13 a). Ab einem Alter von mehr als 60 Jahren bewegen sich die Vorräte je nach Altersklasse zwischen 452 und 490 Vfm/ha. Die Fläche der jungen und teilweise der mittelalten Bestände (Alter unter 61 Jahren) hat sich verringert. Nutzungsschwerpunkte sind in den Beständen mit einem Alter von 41 bis 60 Jahren (148 Vfm/(ha*10 a)) und in über 100-jährigen Beständen (256 Vfm/(ha*10 a)). Im Vergleich zur Vorperiode (BWI 1 zu BWI 2) hat sich der mittlere Einschlag von 6,1 Efm/(ha*a) (Rüther et al. 2007) auf nunmehr 10,7 Efm/(ha*a) (BWI 2 zu BWI 3) erhöht. Der Anstieg des Einschlagvolumens ist auch auf die flächigen Entnahmen infolge von Sturmereignissen zurückzuführen. Der Anteil dieser Abgangsart beträgt bei der Fichte in Niedersachsen unabhängig von der Eigentumsart 12,1 %.

Im Betrachtungszeitraum von BWI 2 zu BWI 3 hat sich der Derbholtzvorrat der Fichtenbestände im niedersächsischen Privat- und Körperschaftswald in den Altersklassen über 60 Jahren merklich verändert (siehe Abbildung 13 b). Den höchsten Vorrat pro Hektar mit 458 Vfm/ha ist in der Altersklasse 61 bis 80 Jahren zu finden. In den Fichtenbeständen über 100 Jahren fand aufgrund der hohen Nutzungen (523 Vfm/(ha*10 a)) ein Vorratsabbau auf 443 Vfm/ha statt. Einen weiteren Nutzungsschwerpunkt mit ca. 162 Vfm/(ha*10 a) bilden, wie auch im Staatswald, die Fichtenbestände im Alter von 41 bis 60 Jahren. In den jüngeren Altersklassen (unter 61 Jahren) sind

die Vorräte pro Hektar annähernd gleich geblieben. Im Vergleich zum Staatswald sind die hier dargestellten Vorräte im Privat- und Körperschaftswald höher. Die größten Flächenanteile haben sich hauptsächlich von der Altersklasse 21 bis 40 Jahre auf die nächst folgende (41 bis 60 Jahre) verschoben. Auch im niedersächsischen Privat- und Körperschaftswald kann ein starker Anstieg des mittleren jährlichen Einschlags von 4,3 Efm/ha (BWI 1 zu BWI 2, Rüther et al. 2007) auf mittlerweile 10,9 Efm/ha festgestellt werden.

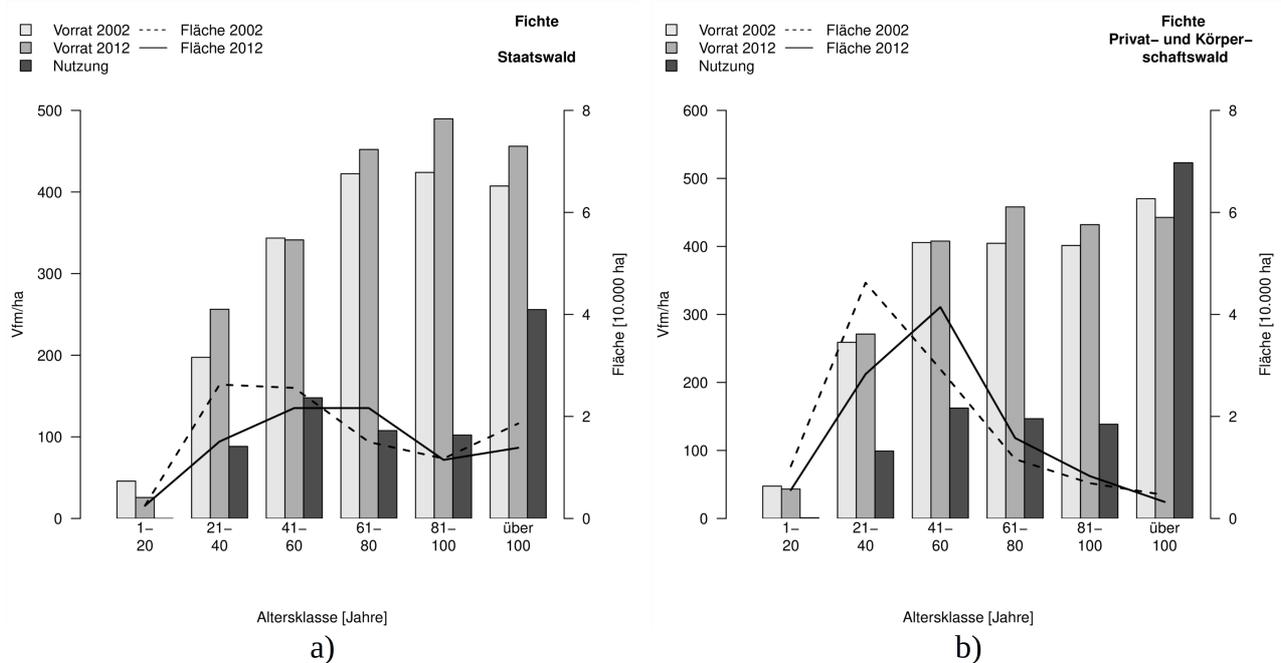


Abbildung 13: Vorrat und Nutzung (Vfm/ha) sowie Flächenausstattung von Fichtenbeständen getrennt nach Altersklassen im Staats- (a) sowie Privat- und Körperschaftswald (b) in Niedersachsen.

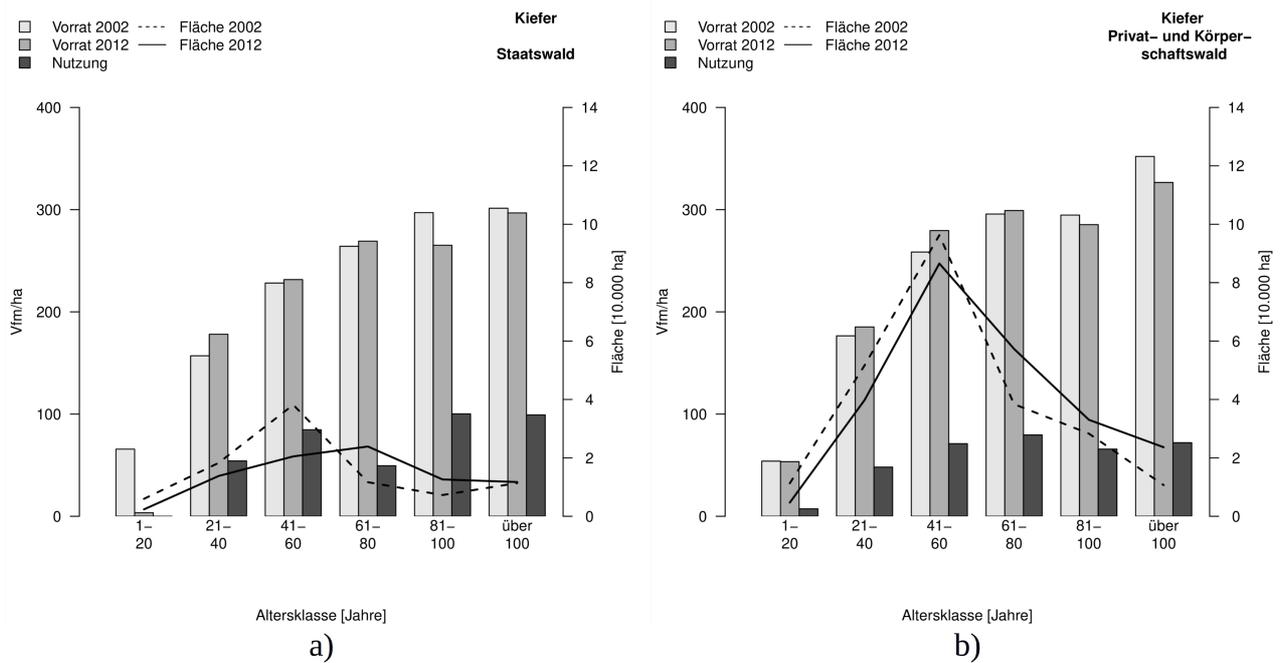


Abbildung 14: Vorrat und Nutzung (Vfm/ha) sowie Flächenausstattung von Kiefernbeständen getrennt nach Altersklassen im Staats- (a) sowie Privat- und Körperschaftswald (b) in Niedersachsen.

II.1.3.7 Kiefer

Bei der Kiefer im niedersächsischen Staatswald gab es nur in den Altersklassen 21 bis 40 Jahre und 81 bis 100 Jahre einen nennenswerten Vorratsauf- bzw. -abbau (siehe Abbildung 14 a). In den über 60-jährigen Beständen bewegen sich die Vorräte zum Stichjahr der BWI 3 zwischen 265 und 297 Vfm/ha. Insbesondere die Flächenanteile der Altersklasse 41 bis 60 Jahre haben sich von BWI 2 zu BWI 3 in die Altersklasse 61 bis 80 Jahre verschoben. Nutzungsschwerpunkte waren die über 80-jährigen Kiefernbestände mit rund 100 Vfm/(ha*10 a). Daraus resultiert ein mittlerer jährlicher Einschlag von 5,4 Efm/ha in den Kiefernbeständen des niedersächsischen Staatswaldes. Im Vergleich zur Vorperiode (BWI 1 zu BWI 2: 4,0 Efm/(ha*a) (Rüther et al. 2007)) ist der Hiebsatz angestiegen.

Im niedersächsischen Privat- und Körperschaftswald ist die Kiefer mit einem Anteil am Holzboden von rund 33 % eine für diese Besitzart sehr wichtige Baumart. Im Vergleich von BWI 2 zur BWI 3 haben sich die Vorräte pro Hektar nur leicht verändert (siehe Abbildung 14 b). Sie bewegten sich im Stichjahr 2012 zwischen 185 Vfm/ha (Altersklasse 21 bis 40 Jahre) und 327 Vfm/ha (Altersklasse über 100 Jahre). Die Flächenanteile der Altersklassen haben sich nur geringfügig geändert, der Großteil der Kiefernflächen befindet sich weiterhin in der Altersklasse 41 bis 60 Jahre. Die höchsten Nutzungen von rund 80 Vfm/(ha*10 a) fanden in der Altersklasse 61 bis 80 Jahre statt. Insgesamt betrug der mittlere jährliche Einschlag im Betrachtungszeitraum von BWI 2 zu BWI 3 etwa 5,3 Efm/ha. Damit ist er ähnlich hoch wie im Staatswald und hat sich im Vergleich zur Vorperiode (BWI 1 zu BWI 2: 2,8 Efm/(ha*a) (Rüther et al. 2007)) fast verdoppelt.

II.1.4 Waldzustand und Nutzungsverhalten in Sachsen-Anhalt

Mit der dritten Bundeswaldinventur liegt erstmals für Sachsen-Anhalt eine Folgeinventur vor und somit können klare Aussagen hinsichtlich der Zuwächse und des Nutzungsverhaltens getroffen werden. Die Waldfläche in Sachsen-Anhalt beträgt 532.481 ha und ist somit zu rund einem Viertel mit Wald bedeckt. Im bundesweiten Vergleich ist Sachsen-Anhalt damit unterdurchschnittlich bewaldet (26 % ST zu 32 % DE). Der sachsen-anhaltinische Wald gehört zu etwas mehr als der Hälfte privaten Waldbesitzern (54 %). Dem Land Sachsen-Anhalt sind 26 %, den Körperschaften und dem Bund sind jeweils rund 10 % des Waldes zuzurechnen.

Von der genannten Waldfläche sind 493.920 ha bzw. 92,8 % Holzboden. Im Zeitraum von 2002 bis 2012 hat sich die gesamte Waldfläche in Sachsen-Anhalt um 8.378 ha und die des Holzbodens um 6.304 ha erhöht. Wobei allerdings bei der Baumartengruppe Anderes Laubholz mit niedriger Lebensdauer ein größerer Rückgang von 4.407 ha zu verzeichnen ist. Die Baumartengruppen Kiefer (43 %) und Anderes Laubholz mit niedriger Lebensdauer (13 %) nehmen die Hälfte des Holzbodens in Sachsen-Anhalt ein. Gefolgt von Eiche (12 %), Fichte (10 %) und Anderes Laubholz mit hoher Lebensdauer (8 %). Die Buche hat lediglich einen Anteil am Holzboden von 7 %. Die restliche Fläche verteilt sich auf die Baumartengruppen Lärche und Douglasie.

Einen Überblick über die Verteilung der Flächen der Baumartengruppen nach Altersklassen gibt Abbildung 15. Die Laubbaumarten Buche und Eiche sind relativ gleichmäßig über die Altersklassen verteilt. Die Anderen Laubhölzer mit niedriger (ALn) und hoher (ALh) Lebensdauer sind vornehmlich in den Altersklassen unter 80 Jahren zu finden. Ein Großteil der Fichtenfläche befindet sich in einem Alter zwischen 21 und 60 Jahren. Die Kiefer nimmt große Teile der Bestände zwischen 21 und 80 Jahren ein. Nennenswerte Anteile von Douglasie und Lärche sind in der Altersklasse 41 bis 60 Jahre zu finden.

Im Verlauf der Jahre 2002 bis 2012 wurden im Mittel jährlich etwa 2,1 Mio. Efm in Sachsen-Anhalt genutzt. Davon waren rund 26 % Laub- und etwa 74 % Nadelholz. Gleichzeitig betrug der jährliche Zuwachs im Durchschnitt über alle Laubhölzer 1,1 Mio. Efm und über alle Nadelhölzer 2,5 Mio. Efm. Somit sind beim Laubholz 50 % und beim Nadelholz 63 % des Zuwachses genutzt worden. Bei der BWI 3 konnte festgestellt werden, dass 2,1 % des gesamten Holzvorrates in Sachsen-Anhalt von rund 136 Mio. Vfm Rücke- oder Fällschäden aufweisen, was im bundesweiten Vergleich gering ist (D: 9,9 % des Gesamtvorrates von 3,7 Mrd. Vfm).

Aufgrund der teilweise geringen Anzahl von Tracktecken der BWI in Eichen-, Buchen- und Fichtenbeständen in den verschiedenen Eigentumsarten in Sachsen-Anhalt ergeben sich sehr hohe relative Fehler ($SE_{95\pm} > 100\%$) bei den Änderungsgrößen zwischen BWI 2 und BWI 3. Daraus resultieren wiederum auch negative Vorräte oder Flächen. Daher wird im Folgenden bei diesen Baumartengruppen nicht nach der Eigentumsart unterschieden.

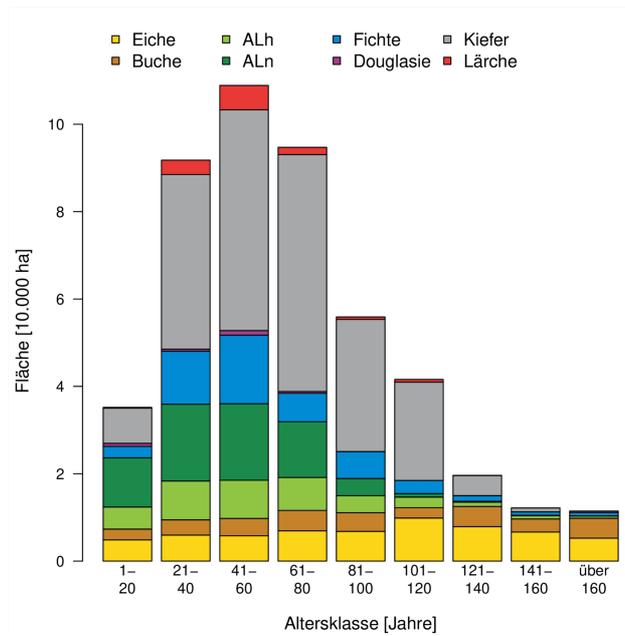


Abbildung 15: Waldfläche getrennt nach Baumartengruppen und Altersklassen in Sachsen-Anhalt.

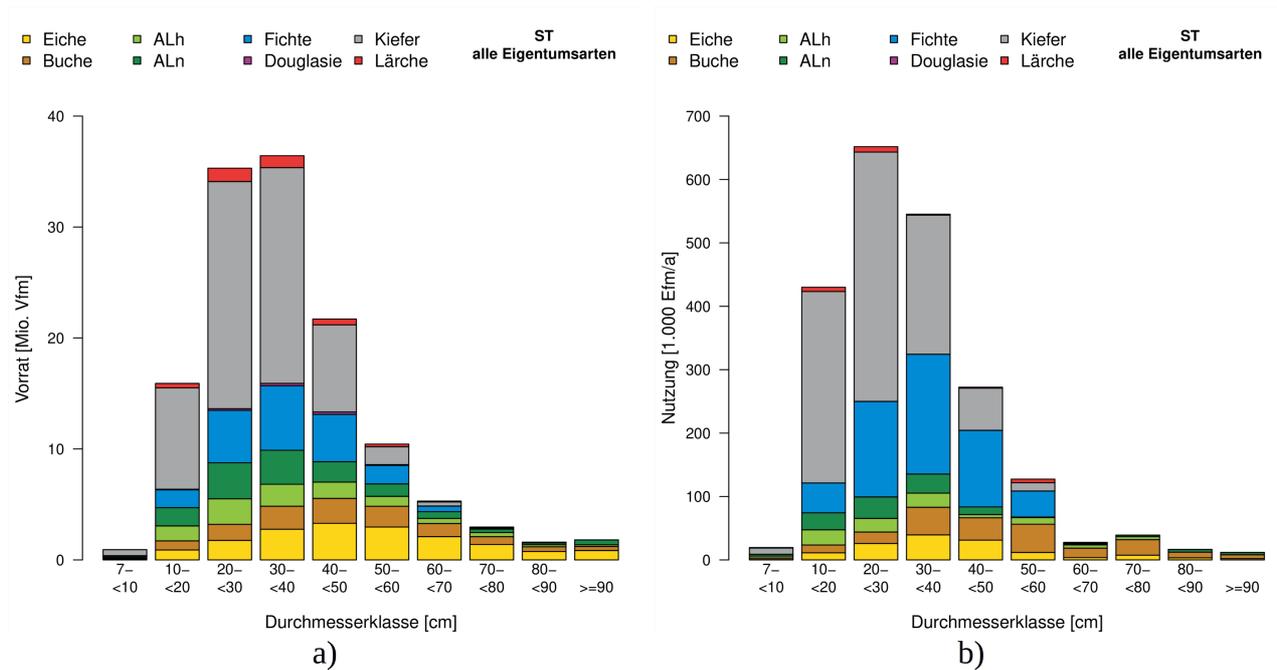


Abbildung 16: Derbholzvorrat [Mio. Vfm] und jährliche Nutzung [1.000 Efm/a] der verschiedenen Baumartengruppen getrennt nach Durchmesserklassen [cm] in Sachsen-Anhalt über alle Eigentumsarten.

II.1.4.1 Vorrat und Nutzung nach Durchmesserklassen

Rund 45 % des Derbholzvorrates in Sachsen-Anhalt entfällt auf die Baumartengruppe Kiefer, wobei sich die Masse im Bereich von 20 bis 40 cm befindet (siehe Abbildung 16 a). Weitere wichtige

Baumartengruppen sind Fichte (ca. 14 % des Vorrates), Eiche (13 % des Vorrates), Buche sowie anderes Laubholz mit niedriger Lebensdauer (rund 9 %). Ebenso wie bei der Kiefer sind auch bei der Fichte die größten Vorratsanteile im Bereich von 20 bis 40 cm zu finden. Bei Buche und Eiche sind die höchsten Vorräte zwischen 30 und 60 cm zu finden. Beim anderen Laubholz mit niedriger Lebensdauer konzentriert sich der Vorrat im Bereich von 20 bis 40 cm. In Sachsen-Anhalt wurde zwischen BWI 2 und BWI 3 bei der Baumartengruppe anderes Laubholz mit niedriger Lebensdauer am stärksten in den Durchmesserklassen 10 bis 40 cm genutzt (siehe Abbildung 16 b). Dies ist vergleichbar mit Niedersachsen. Bei der Eiche lag der Nutzungsschwerpunkt auf der Durchmesserklasse 30 bis 40 cm und bei der Buche im Bereich von 30 bis 60 cm. Bei den Nadelhölzern Fichte und Kiefer lagen die Nutzungsschwerpunkte in den Durchmesserbereichen 10 bzw. 20 bis 40 bzw. 50 cm.

II.1.4.2 Eiche

Die Entwicklung des Derbholzvorrates der Eichenbestände von Sachsen-Anhalt stellt sich folgendermaßen dar. Von BWI 2 zu BWI 3 haben sich die Vorräte pro Hektar nicht gleichgerichtet über alle Altersklassen entwickelt (siehe Abbildung 17 a). Auffällig ist der starke Vorratsabbau in der Altersklasse 21 bis 40 Jahre von rund 185 auf ca. 144 Vfm/ha und in der Altersklasse 121 bis 140 Jahre von etwa 385 auf 349 Vfm/ha. Es fanden in fast allen Altersklassen Flächenveränderungen statt. In den über 80-jährigen Eichenbeständen bewegte sich der Vorrat zwischen 324 und 365 Vfm/ha. Schwerpunkt bei der Nutzung bildeten die Eichenbestände im Alter von 81 bis 100 Jahren und die über 140-jährigen Bestände mit rund 60 Vfm/(ha*10 a). Der mittlere Einschlag lag zwischen BWI 2 und BWI 3 in den Eichenbeständen in Sachsen-Anhalt bei 2,6 Efm/(ha*a) und liegt damit etwas unter den Angaben für die Länder Hessen (3,3 Efm/(ha*a) über alle Eigentumsarten) und Niedersachsen (2,3 Efm/(ha*a) über alle Eigentumsarten).

II.1.4.3 Buche

Wie bei Eiche ist auch bei der Buche kein eindeutiger Trend in der Entwicklung der Vorräte pro Hektar festzustellen. Die Derbholzvorräte im Jahr 2012 steigen mit dem Alter von rund 132 Vfm/ha (Altersklasse 21 bis 40 Jahre) auf 458 Vfm/ha (Altersklasse über 140 Jahre) an, wobei das Maximum (etwa 487 Vfm/ha) in den Beständen mit einem Alter von 101 bis 120 Jahren zu finden ist (siehe Abbildung 17 b). Größere Flächenverschiebungen können vor allem in den Altersklassen unter 121 Jahren beobachtet werden. Die höchsten Nutzungen mit 285 Vfm/(ha*10 a) fanden in den 121- bis 140-jährigen Beständen statt. Insgesamt lag der mittlere jährliche Einschlag in den Buchenbeständen von Sachsen-Anhalt zwischen BWI 2 und BWI 3 bei 6,3 Efm/ha. Damit ist er ähnlich hoch wie in Hessen (6,2 Efm/(ha*a) über alle Eigentumsarten).

II.1.4.4 Anderes Laubholz mit hoher Lebensdauer

In der Baumartengruppe Anderes Laubholz mit hoher Lebensdauer hat sich der Vorrat pro Hektar im Vergleich von BWI 2 zu BWI 3 in den meisten Altersklassen verringert (siehe Abbildung 18 a). Sie bewegen sich in den zwischen 151 Vfm/ha (Altersklasse 21 bis 40 Jahre) und 368 Vfm/ha

(Altersklasse über 100 Jahre). Die Flächenanteile der älteren Bestände (Alter über 60 Jahre) haben sich von 2002 zu 2012 erhöht, die der jüngeren verringert. Am stärksten wurde in den über 100-jährigen Beständen genutzt (rund 120 Vfm/(ha*10 a)). Der mittlere jährliche Einschlag lag bei 2,7 Efm/ha und ist damit ähnlich hoch wie in Niedersachsen.

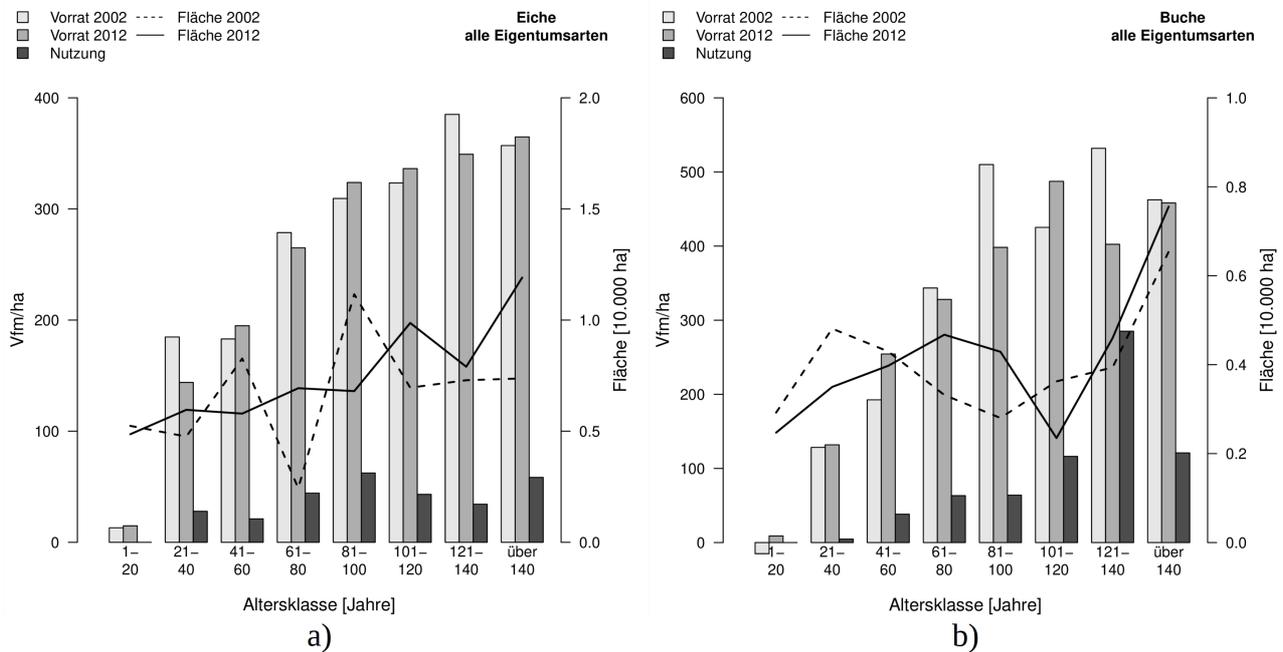


Abbildung 17: Vorrat und Nutzung (Vfm/ha) sowie Flächenausstattung getrennt nach Altersklassen von Eichen- (a) sowie Buchenbeständen (b) über alle Eigentumsarten in Sachsen-Anhalt.

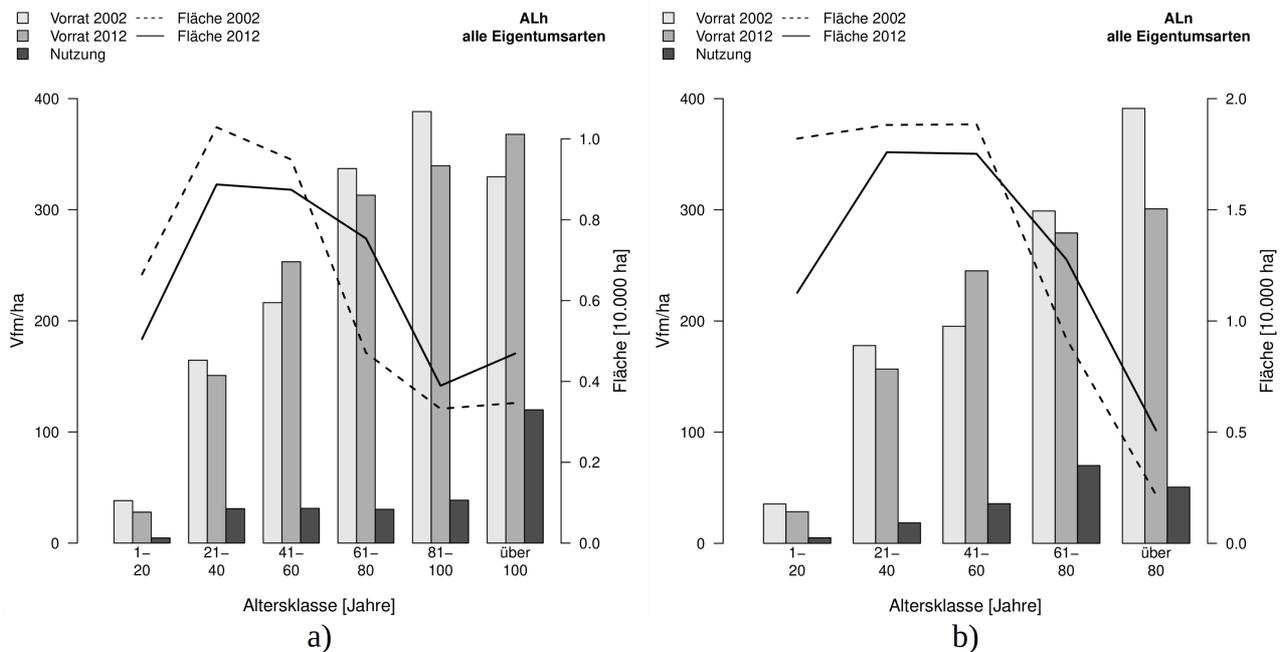


Abbildung 18: Vorrat und Nutzung (Vfm/ha) sowie Flächenausstattung getrennt nach Altersklassen von Laubholzbeständen anderer Arten mit hoher (ALh, a) und niedriger Lebensdauer (ALn, b) über alle Eigentumsarten in Sachsen-Anhalt.

II.1.4.5 *Anderes Laubholz mit niedriger Lebensdauer*

Der Derbholzvorrat der Baumartengruppe Anderes Laubholz mit niedriger Lebensdauer ist vor allem in den über 80-jährigen Beständen von BWI 2 zu BWI 3 gefallen (siehe Abbildung 18 b). 2012 bewegte sich der Vorrat pro Hektar zwischen 157 Vfm (Altersklasse 21 bis 40 Jahre) und 301 Vfm (Altersklasse über 80 Jahre). Auch hier haben sich wie bei den Anderen Laubhölzern mit langer Lebensdauer die Flächenanteile der Bestände über 60 Jahren im Vergleich zur BWI 2 erhöht, die der jüngeren Bestände verringert. Jedoch ist die Gesamtfläche der jüngeren Bestände sehr viel höher als die der über 60-jährigen Bestände. Daher besteht bei dieser Baumartengruppe ein gewisses Nutzungspotential für geringwertiges Laubholz. Die höchsten Nutzungen mit rund 70 Vfm/(ha*10 a) fanden in der Altersklasse 61 bis 80 Jahre statt. Gesamt betrachtet belief sich der durchschnittliche jährliche Einschlag auf 1,8 Efm/ha. Damit liegt er zwischen dem Einschlag von Hessen (1,1 Efm/(ha*a)) und Niedersachsen (2,4 Efm/(ha*a)) bei dieser Baumartengruppe.

II.1.4.6 *Fichte*

Die Derbholzvorräte der Fichtenbestände in Sachsen-Anhalt haben sich zwischen den beiden letzten Bundeswaldinventuren meist verringert (siehe Abbildung 19). Nur in der Altersklasse von 81 bis 100 Jahren fand ein massiver Vorratsaufbau statt. Dies trotz der hohen Nutzungen die in den Beständen über 60 Jahren rund 258 bis 363 Vfm/(ha*10 a) betragen, teilweise bedingt durch flächige Entnahmen, welche rund 32,2 % des Fichtenvorrates ausmachten. In fast allen Altersklassen sind zudem Flächenverschiebungen zu beobachten. Der mittlere jährliche Einschlag lag bei 9,7 Efm/ha.

II.1.4.7 *Kiefer*

Die Vorräte pro Hektar in den Kiefernbeständen des Staatswaldes von Sachsen-Anhalt haben sich in den Altersklassen 21 bis 60 Jahren im Zeitraum zwischen BWI 2 und BWI 3 leicht erhöht, in den über 60-jährigen Beständen ist die Entwicklung uneinheitlich (siehe Abbildung 20 a). Mit dem Stichjahr 2012 steigen die Derbholzvorräte der Kiefernbestände des Staatswaldes von etwa 60 Vfm/ha (Altersklasse unter 21 Jahren) bis auf rund 300 Vfm/ha (Altersklassen über 40 Jahren) an. Starke Flächenverschiebungen haben nicht stattgefunden. Nutzungsschwerpunkte mit 113 bzw. 102 Vfm/(ha*10 a) bildeten die Kiefernbestände in den Altersklassen 41 bis 60 bzw. 81 bis 100 Jahre. Der durchschnittliche Hiebsatz betrug hier 4,5 Efm/(ha*a).

Im Privat- und Körperschaftswald sind die Vorräte pro Hektar der Kiefernbestände in der Periode von BWI 2 zu BWI 3 zumeist angestiegen und sie sind zum Stichjahr der BWI 3 etwas höher als im Staatswald (siehe Abbildung 20 b). Große Flächenverschiebungen sind in den Altersklassen unter 21 bzw. über 100 Jahren zu beobachten. Nutzungsschwerpunkte bildeten hier ebenfalls die Altersklassen 41 bis 60 bzw. 81 bis 100 Jahren, allerdings mit einer geringeren Eingriffstärke in der jüngeren Altersklasse (80 Vfm/(ha*10 a)). Im Mittel betrug der jährliche Einschlag in den Kiefernbeständen des Privat- und Körperschaftswaldes von Sachsen-Anhalt 4,9 Efm/ha.

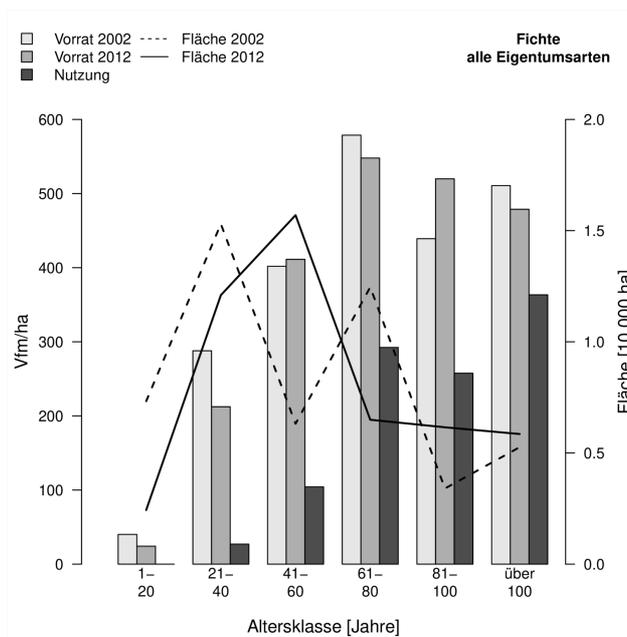


Abbildung 19: Vorrat und Nutzung (Vfm/ha) sowie Flächenausstattung getrennt nach Altersklassen von Fichtenbeständen über alle Eigentumsarten in Sachsen-Anhalt.

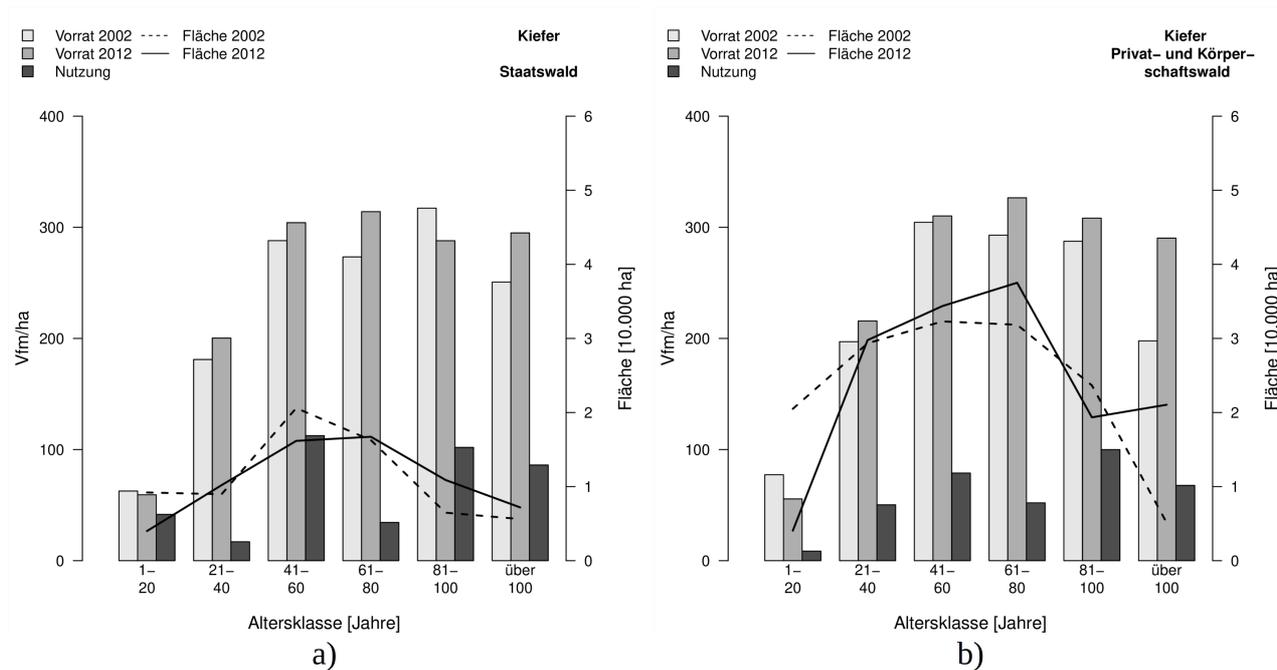


Abbildung 20: Vorrat und Nutzung (Vfm/ha) sowie Flächenausstattung von Kiefernbeständen getrennt nach Altersklassen im Staats- (a) sowie Privat- und Körperschaftswald (b) in Sachsen-Anhalt.

II.1.5 Waldzustand und Nutzungsverhalten in Schleswig-Holstein

Die Waldfläche in Schleswig-Holstein ist 173.412 ha groß. Daraus ergibt sich ein Bewaldungsanteil von 11 %. Im bundesweiten Vergleich der Gesamtwaldfläche der einzelnen Länder liegt Schleswig-Holstein an dritterletzter Stelle vor Hamburg und Bremen sowie dem Saarland. Bezogen auf das Bewaldungsprozent liegt Schleswig-Holstein an letzter Stelle. Der schleswig-holsteinische Wald gehört etwa zur Hälfte privaten Waldbesitzern (51 %) und zu weiteren 31 % dem Land Schleswig-Holstein selbst. Die Körperschaften besitzen lediglich 3 % des Waldes in Schleswig-Holstein und 15 % befinden sich im Eigentum des Bundes.

Von der genannten Waldfläche sind 168.626 ha bzw. 97,2 % Holzboden. Im Zeitraum von 2002 bis 2012 hat sich die gesamte Waldfläche in Schleswig-Holstein um 4.288 ha und die des Holzbodens um 3.495 ha erhöht. Die Baumartengruppen Anderes Laubholz mit niedriger Lebensdauer (20 %) und Buche (19 %) nehmen große Teile des Waldes in Schleswig-Holstein ein. Gefolgt von Fichte (16 %), Eiche (16 %) sowie Anderes Laubholz mit hoher Lebensdauer (9 %) und Kiefer (8 %). Bemerkenswert ist der hohe Anteil der Baumartengruppe Lärche von rund 7 % in Schleswig-Holstein. Die restliche Fläche verteilt sich auf die Baumartengruppen Tanne und Douglasie.

Einen Überblick über die Verteilung der Flächen getrennt nach Baumartengruppen und Altersklassen gibt Abbildung 21. Eiche und Buche haben einen in den Altersklassen schwankenden Flächenanteil. Die Laubhölzer mit niedriger (ALn) und hoher (ALh) Lebensdauer sind hauptsächlich in den Altersklassen unter 81 Jahren zu finden. Ein Großteil der Fichtenfläche befindet sich in einem Alter zwischen 41 und 60 Jahren. Die größten Flächenanteile der Kiefer sind in der nächst höheren Altersklasse (61 bis 80 Jahre) zu finden. Die Lärchenbestände sind meist zwischen 41 und 80 Jahren alt.

Im Verlauf der Jahre 2002 bis 2012 wurden jährlich etwa 0,83 Mio. Efm in Schleswig-Holstein genutzt. Davon waren rund 42 % Laub- und etwa 58 % Nadelholz. Gleichzeitig betrug der jährliche Zuwachs im Mittel über alle Laubhölzer 0,80 Mio. Efm und über alle Nadelhölzer 0,65 Mio. Efm. Somit sind beim Laubholz 43 % und beim Nadelholz 74 % des Zuwachses genutzt worden. Bei der BWI 3 konnte festgestellt werden, dass 4,7 % des gesamten Holzvorrates in Schleswig-Holstein von rund 54 Mio. Vfm Rücke- oder Fällschäden aufweisen (bundesweit weisen 9,9 % des Gesamtvorrates von 3,7 Mrd. Vfm solche Schäden auf).

II.1.5.1 Vorrat und Nutzung nach Durchmesserklassen

Der Großteil des Derbholzvorrates in Schleswig-Holstein ist in den Buchen- und Fichtenbeständen zu finden. Danach folgen die Baumartengruppen Eiche, anderes Laubholz mit hoher und niedriger Lebensdauer sowie Lärche. Bei Buche und Eiche befindet sich ein Hauptteil des Vorrates im Durchmesserbereich von 40 bis 60 cm (siehe Abbildung 22 a). Anderes Laubholz mit hoher oder niedriger Lebensdauer hat seinen Schwerpunkt in den darunterliegenden Durchmesserklassen. Der Derbholzvorrat der Nadelhölzer Fichte, Kiefer und Lärche ist im Bereich von 30 bis 50 cm am größten.

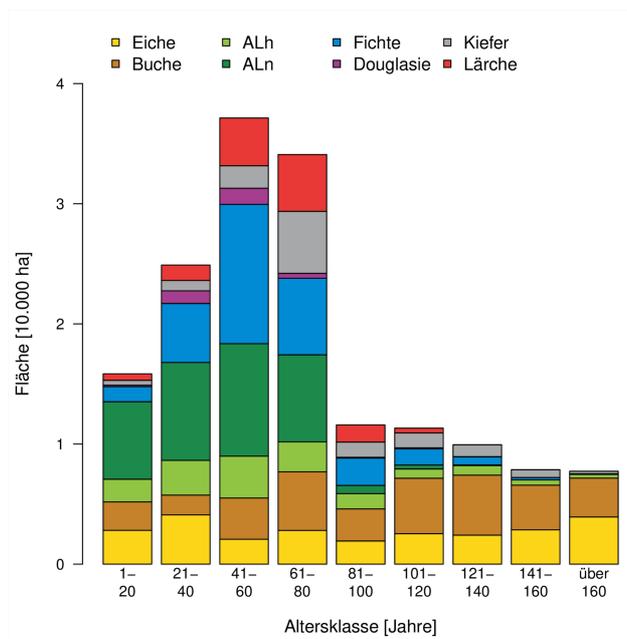


Abbildung 21: Waldfläche getrennt nach Baumartengruppen und Altersklassen in Schleswig-Holstein.

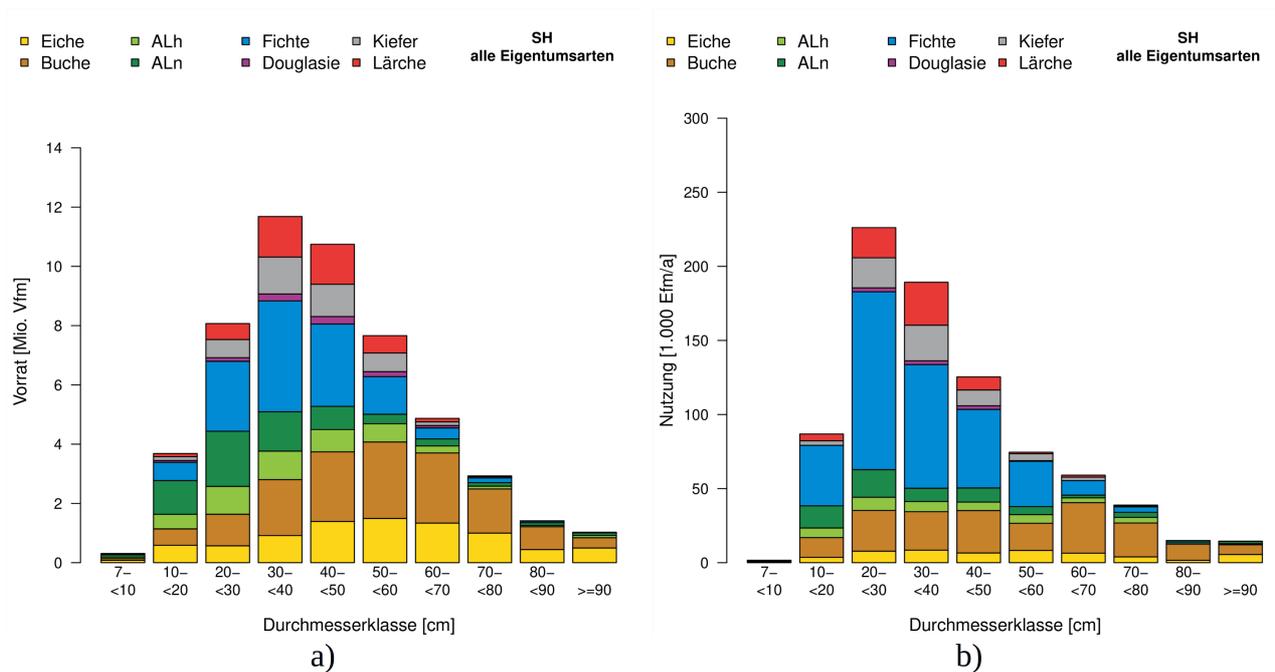


Abbildung 22: Derbholzvorrat [Mio. Vfm] und jährliche Nutzung [1.000 Efm/a] der verschiedenen Baumartengruppen getrennt nach Durchmesserklassen [cm] in Schleswig-Holstein über alle Eigentumsarten.

Zwischen den beiden letzten Bundeswaldinventuren wurde über alle Eigentumsarten in Schleswig-Holstein bei den Baumartengruppen ALh und ALn am stärksten in den Durchmesserklassen 10 bis 30 cm genutzt (siehe Abbildung 22 b). Bei Eiche ist kein eindeutiger Nutzungsschwerpunkt in

einzelnen Durchmesserbereichen zu erkennen. Die höchsten jährlichen Nutzungen in den Buchenbeständen sind im Durchmesserbereich von 60 bis 70 cm zu finden. Die Nutzungen der Baumartengruppen Fichte, Kiefer und Lärche konzentrierten sich auf die Durchmesserspanne von 20 bis 40 cm.

II.1.5.2 Eiche

Die gesamte Eichenfläche im Staatswald von Schleswig-Holstein ist verhältnismäßig gering (BWI 3: rund 8.700 ha). Nichtsdestotrotz sind die Vorräte pro Hektar im Vergleich von BWI 2 zu BWI 3 überwiegend angestiegen (siehe Abbildung 23 a). Sie betragen zum Zeitpunkt der BWI 3 in den Altersklassen zwischen 41 bis 100 Jahren zwischen 242 und 273 Vfm/ha, in den Altersklassen über 100 Jahren 422 bzw. 509 Vfm/ha. Größere Flächenverschiebungen können nur in der Altersklasse 21 bis 40 Jahre festgestellt werden. Die Nutzungen bewegten sich im Betrachtungszeitraum von 10 Jahren in den Altersklassen über 20 Jahren zwischen 6 und 31 Vfm/ha. Daraus resultiert auch ein sehr geringer Hiebsatz von 1,3 Efm/(ha*a). In der Vorperiode (BWI 1 zu BWI 2) betrug er noch 2,7 Efm/(ha*a) (Rüther et al. 2008).

In den Eichenbeständen des Privat- und Körperschaftswaldes in Schleswig-Holstein ist ein Anstieg des Vorrates pro Hektar von BWI 2 zu BWI 3 in allen Altersklassen zu erkennen (siehe Abbildung 23 b). In den 41- bis 100-jährigen Eichenbeständen im Privat- und Körperschaftswald sind die Derbholtzvorräte höher als im Staatswald, in den über 100 Jahren alten Beständen jedoch ähnlich hoch. Sehr starke Flächenverschiebungen innerhalb der Altersklassen sind nicht zu erkennen. Die Nutzungsmengen waren hier höher als im Staatswald und betrugen zwischen 11 und 67 Vfm/(ha*10 a). Der mittlere jährliche Einschlag lag zwischen den beiden letzten Bundeswaldinventuren bei 1,5 Efm/(ha*a). Auch hier ist eine Abnahme des Hiebsatzes im Vergleich zur Vorperiode (BWI 1 zu BWI 2: 3 Efm/(ha*a) (Rüther et al. 2008)) festzustellen.

II.1.5.3 Buche

Die Derbholtzvorräte sind auch in den Buchenbeständen des schleswig-holsteinischen Staatswaldes zwischen der BWI 2 und der BWI 3 in fast allen Altersklassen angestiegen (siehe Abbildung 24 a). In den Altersklassen über 100 Jahren beträgt der Vorrat zum Stichjahr der BWI 3 518 bis 528 Vfm/ha. Flächenverschiebungen sind in den Altersklassen von 20 bis 80 Jahren und über 140 Jahren festzustellen. Nutzungsschwerpunkte waren die Altersklassen 41 bis 60 (rund 100 Vfm/ (ha*10 a)) und über 120 Jahre (etwa 90 Vfm/(ha*10a)). Die durchschnittliche jährliche Nutzung lag im Betrachtungszeitraum 5 Efm/ha und damit höher als in der vorherigen Periode von 1987 bis 2002 (4,3 Efm/(ha*a) (Rüther et al. 2008)).

Auch in den Buchenbeständen des Privat- und Körperschaftswaldes ist ein Anstieg des Derbholtzvorrates zwischen den beiden letzten Bundeswaldinventuren zu erkennen (siehe Abbildung 24 b). Hier wird in den über 140-jährigen ein Vorrat von fast 590 Vfm/ha erreicht, trotz der eindeutig stärksten Nutzung in dieser Altersklasse zwischen BWI 2 und BWI 3 (142 Vfm/ (ha*10 a)). Es sind ebenfalls kaum Flächenverschiebungen zu sehen. Die mittlere jährliche Nutzung in den Buchenbeständen des Privat- und Körperschaftswaldes in Schleswig-Holstein betrug zwischen BWI 2 und BWI 3 5,4 Efm/(ha*a). Damit hat er sich im Vergleich zur Vorperiode nur geringfügig verringert (BWI 1 zu BWI 2: 5,6 Efm/(ha*a) (Rüther et al. 2008)).

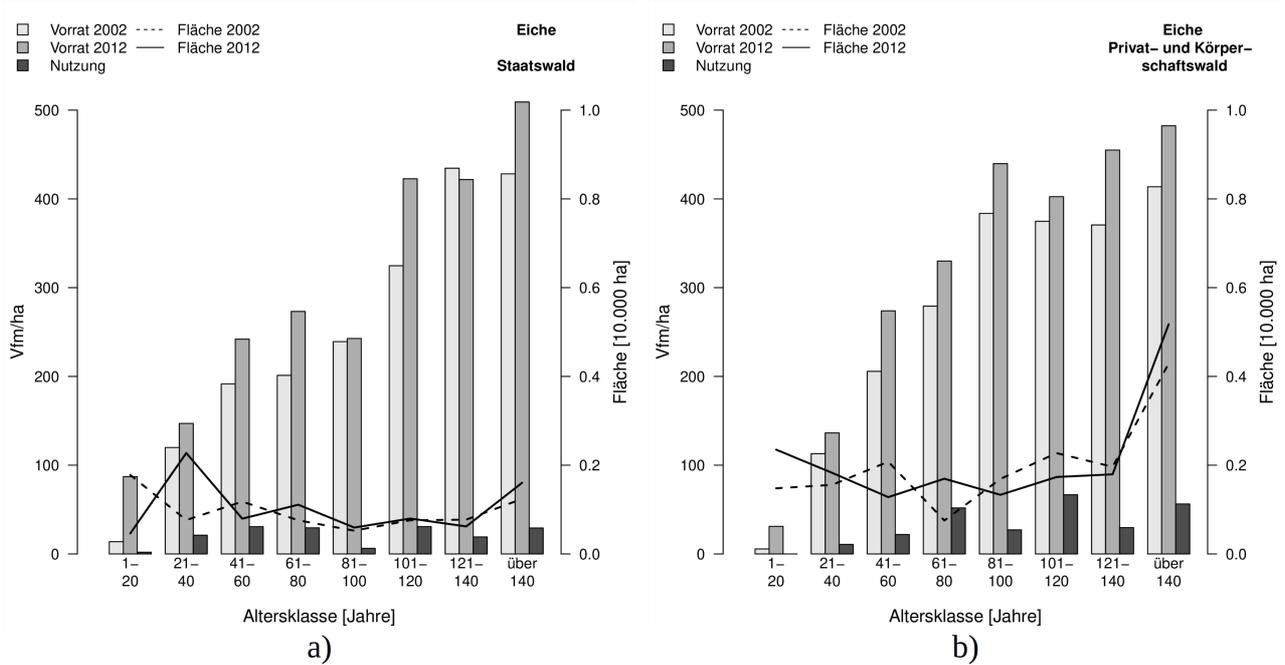


Abbildung 23: Vorrat und Nutzung (Vfm/ha) sowie Flächenausstattung von Eichenbeständen getrennt nach Altersklassen im Staats- (a) sowie Privat- und Körperschaftswald (b) in Schleswig-Holstein.

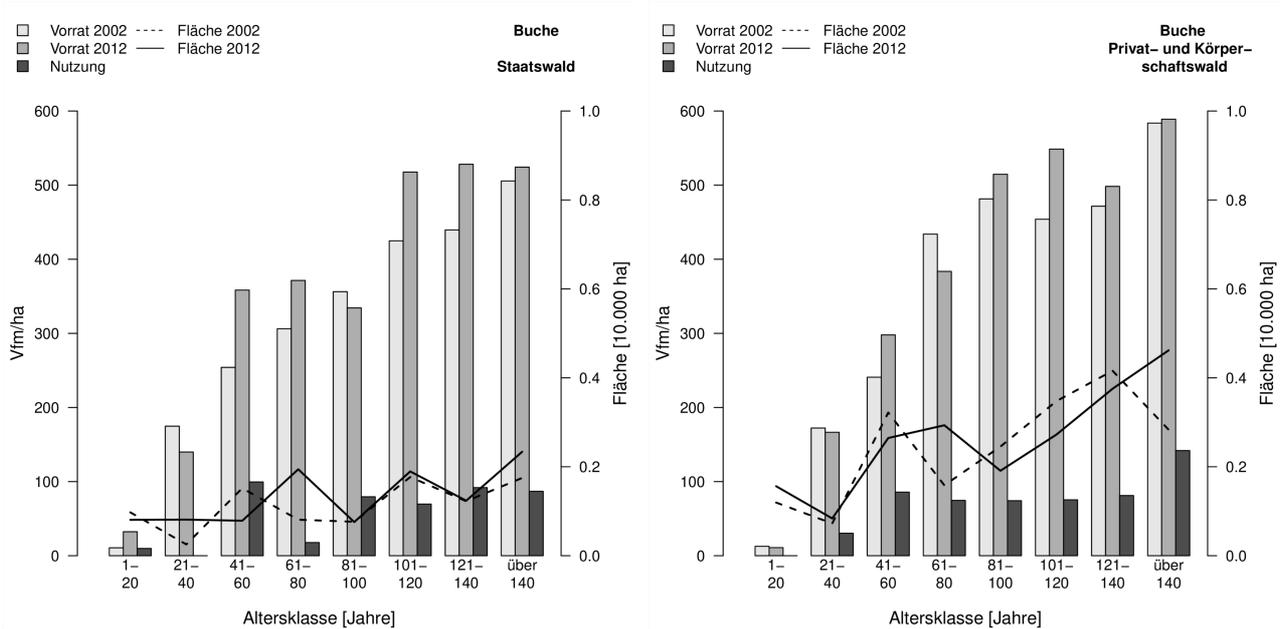


Abbildung 24: Vorrat und Nutzung (Vfm/ha) sowie Flächenausstattung von Buchenbeständen getrennt nach Altersklassen im Staats- (a) sowie Privat- und Körperschaftswald (b) in Schleswig-Holstein.

II.1.5.4 Anderes Laubholz mit hoher Lebensdauer

Auch bei der Baumartengruppe Anderes Laubholz mit hoher Lebensdauer haben sich die Vorräte pro Hektar zwischen BWI 2 und BWI 3 mehrheitlich in den verschiedenen Altersklassen erhöht (siehe Abbildung 25 a). In den über 80-jährigen Beständen beträgt der Vorrat zum Stichjahr 2012 etwa 460 Vfm/ha. Insbesondere in den Beständen in den Altersklassen unter 61 Jahren sind Flächenveränderungen zu erkennen. Die Nutzungen waren in den über 100-jährigen Beständen am höchsten und betragen zwischen BWI 2 und BWI 3 70 bis 75 Vfm/(ha*10 a). Der mittlere jährliche Einschlag lag bei 3,0 Efm/ha.

II.1.5.5 Anderes Laubholz mit niedriger Lebensdauer

Die Vorräte der Baumartengruppe Anderes Laubholz mit niedriger Lebensdauer haben sich, im Gegensatz zu den anderen Laubhölzern in Schleswig-Holstein, im Vergleich von 2002 zu 2012 kaum verändert (siehe Abbildung 25 b). Die Flächenanteile der Bestände im Alter von 21 bis 60 Jahren gingen zurück, in der Altersklasse 61 bis 80 Jahre haben sie zugenommen. Nutzungsschwerpunkt mit etwa 78 Vfm/(ha*10 a) bildeten die über 80-jährigen Weichlaubholzbestände. Im Durchschnitt wurden in dieser Baumartengruppe von 2002 bis 2012 jedes Jahr 2,2 Efm/ha geerntet. Dies ist eine Zunahme im Vergleich zur Vorperiode (BWI 1 zu BWI 2: 1,2 Efm/(ha*a) im Staatswald bzw. 1,9 Efm/(ha*a) im Privat- und Körperschaftswald (Rüther et al. 2008)).

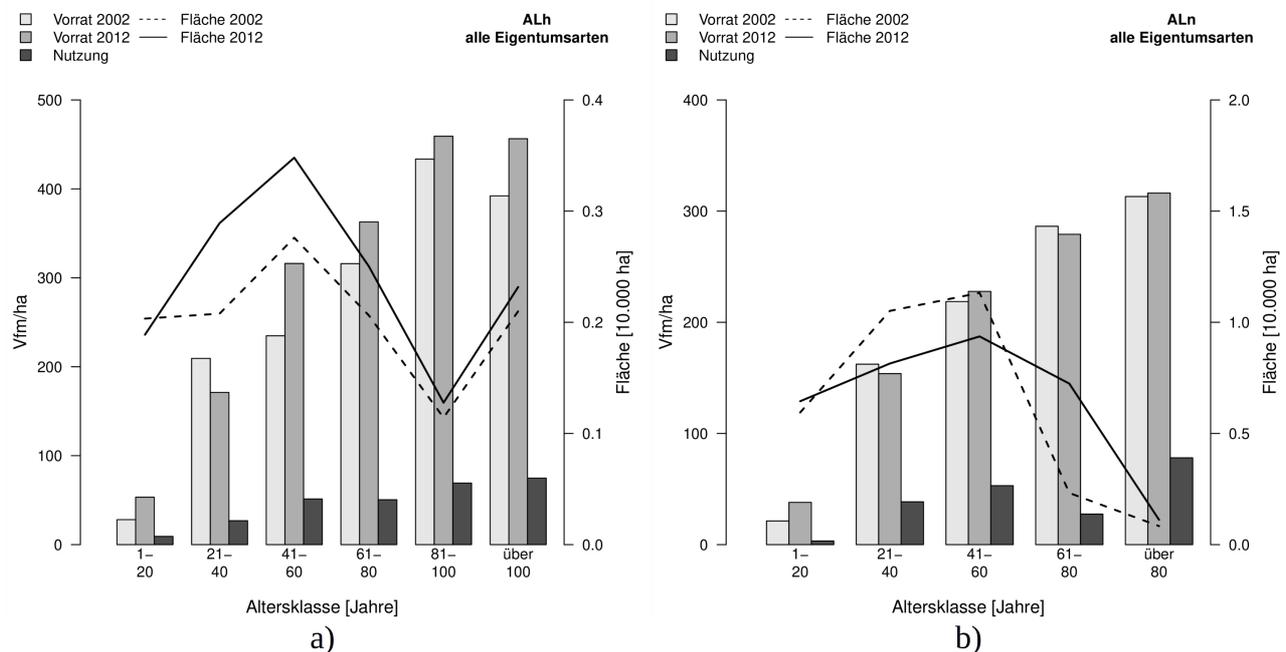


Abbildung 25: Vorrat und Nutzung (Vfm/ha) sowie Flächenausstattung getrennt nach Altersklassen von Laubholzbeständen anderer Arten mit hoher (ALh, a) und niedriger Lebensdauer (ALn, b) über alle Eigentumsarten in Schleswig-Holstein.

II.1.5.6 Fichte

Zwischen BWI 2 und BWI 3 sind insbesondere die Vorräte der Fichtenbestände im Staatswald in der Altersklasse 61 bis 80 Jahre auf rund 483 Vfm/ha gestiegen (siehe Abbildung 26 a). Größere Flächenverschiebungen sind nicht zu erkennen. Die stärkste Nutzung (241 Vfm/(ha*10 a)) fand in den über 100 Jahre alten Fichtenbeständen statt. Der Hiebsatz lag hier in der Betrachtungsperiode bei 9,7 Efm/(ha*a). Somit kann ein starker Anstieg des Einschlages im Vergleich zum Zeitraum 1987 bis 2002 (6,5 Efm/(ha*a) (Rüther et al. 2008)) festgestellt werden.

In den Fichtenbeständen des Privat- und Körperschaftswaldes in Schleswig-Holstein ist in den Altersklassen von 41 bis 100 Jahren ein Anstieg, in den über 100 Jahre alten Bestände eine Abnahme des Vorrates zwischen BWI 2 und BWI 3 zu sehen (siehe Abbildung 26 b). Nutzungsschwerpunkte bildeten die Altersklassen 41 bis 60 (233 Vfm/(ha*10 a)) und über 100 Jahre (338 Vfm/(ha*10 a)). Insbesondere die Fläche der Altersklasse 21 bis 40 Jahre hat von 2002 zu 2012 abgenommen. Der durchschnittliche jährliche Einschlag lag hier bei 10,0 Efm/ha. Er ist also etwas höher als im Staatswald und auch höher als in der Vorperiode (7,4 Efm/(ha*a) (Rüther et al. 2008)).

II.1.5.7 Kiefer

Auswertungen zur Kiefer in Schleswig-Holstein werden aufgrund hoher Unsicherheiten und der geringen Flächenrepräsentanz in einigen Altersklassen des Bundes- und Landeswaldes für die Gesamtheit aller Besitzarten durchgeführt.

Der Vorrat hat sich in den Kiefernbeständen von Schleswig-Holstein vor allem in der Altersklasse 21 bis 40 Jahre erhöht (siehe Abbildung 27). Ab dieser Altersklasse bewegt er sich zum Stichjahr 2012 zwischen 280 und 336 Vfm/ha. Flächenveränderungen fanden hauptsächlich in den Altersklassen 41 bis 80 Jahren statt. Die stärksten Nutzungen wurden in den Beständen der Altersklassen 41 bis 60 (109 Vfm/(ha*10 a)) und über 100 Jahren (84 Vfm/(ha*10 a)) durchgeführt. Insgesamt ergibt sich daraus ein mittlerer jährlicher Einschlag von 4,8 Efm/ha. Auch hier ist insgesamt ein leichter Anstieg im Vergleich zum vorherigen Betrachtungszeitraum festzustellen (BWI 1 zu BWI 2: 4,3 Efm/(ha*a) im Staatswald, 4,7 Efm/(ha*a) im Privat- und Körperschaftswald (Rüther et al. 2008)).

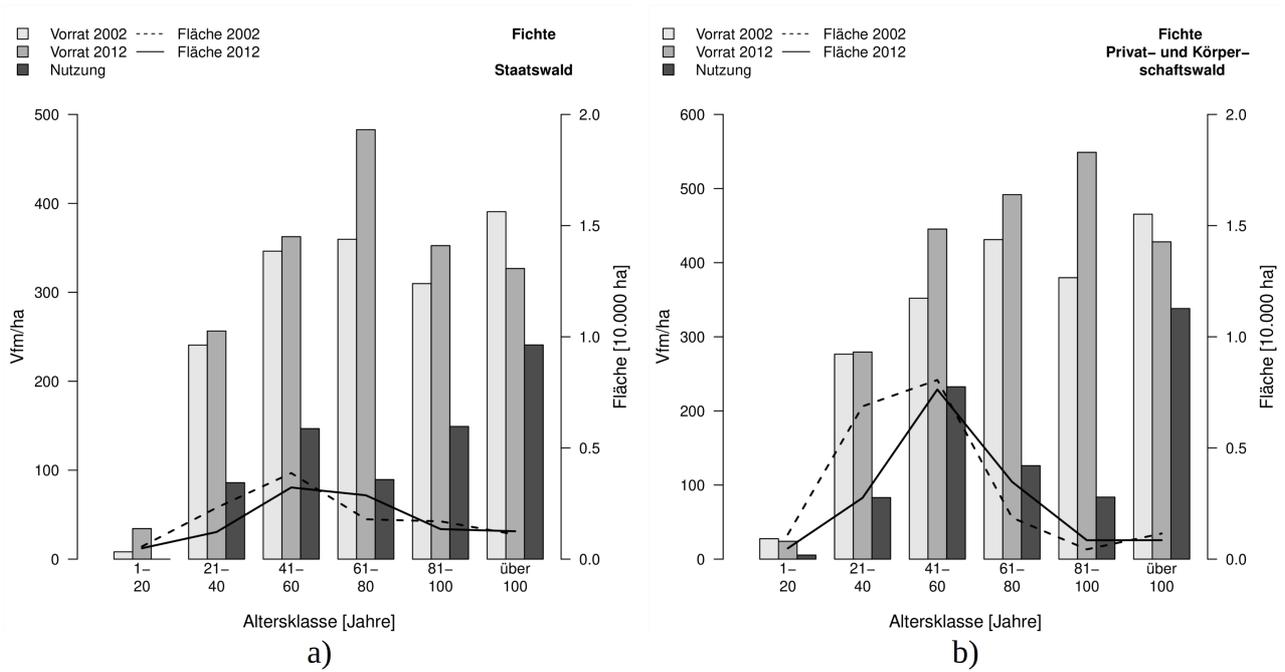


Abbildung 26: Vorrat und Nutzung (Vfm/ha) sowie Flächenausstattung von Fichtenbeständen getrennt nach Altersklassen im Staats- (a) sowie Privat- und Körperschaftswald (b) in Schleswig-Holstein.

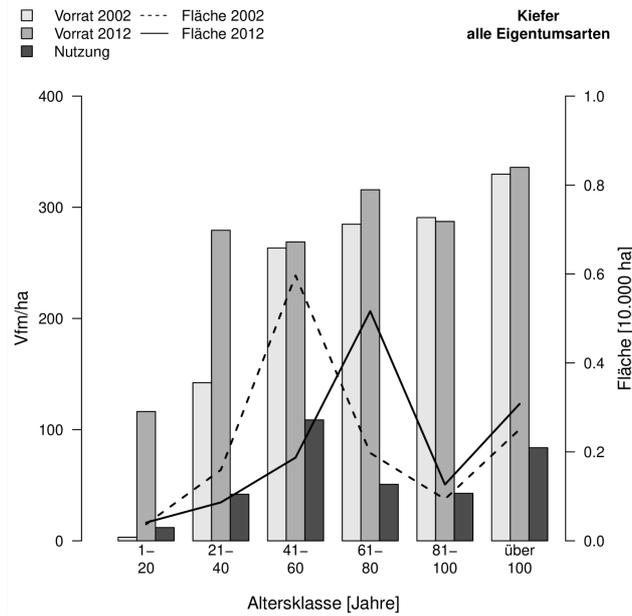


Abbildung 27: Vorrat und Nutzung (Vfm/ha) sowie Flächenausstattung von Kiefernbeständen getrennt nach Altersklassen über alle Eigentumsarten in Schleswig-Holstein.

II.2 Analyse der Nutzungseinschränkungen

Die Datengrundlage für folgende Tabellen und Ausführungen bildet die öffentliche Bundeswaldinventur (BWI)-Datenbank des von Thünen-Institutes (<https://bwi.info/start.aspx>). Die folgenden Aussagen beziehen sich auf die Länder Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein.

II.2.1 Nutzungseinschränkungen beim Vorrat

Insgesamt stocken in den oben genannten Bundesländern zum Stichjahr der BWI 3 rund 818 Mio. m³ Derbholz (siehe Tabelle 1), wovon rund 6 % nur eingeschränkt nutzbar sind. In der BWI werden drei Kategorien bezüglich der Nutzungseinschränkung am jeweiligen Trakt während der Vorklärung bzw. bei der terrestrischen Aufnahme vergeben. So sind in den Ländern Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein 92,2 % der Eichenvorräte ohne Einschränkung nutzbar (siehe Abbildung 28). Ähnlich hoch ist der Anteil am Holzvorrat bei Buche (94,3 %) und Fichte (91,2 %). Die größten Nutzungseinschränkungen sind bei den Baumartengruppen ALh (8,9 %) und ALn (9,9 %) zu finden.

Tabelle 1: Übersicht über die Derbholzvorräte [Mio. m³] in den Bundesländern Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein getrennt nach Baumartengruppen.

Nutzungseinschränkung	Eiche	Buche	ALh	ALn	Fichte	Tanne	Douglasie	Kiefer	Lärche	Alle
1/3 des üblichen Aufkommens erwartbar	2,07	0,78	0,89	2,40	1,64	0,00	0,02	0,36	0,05	8,23
2/3 des üblichen Aufkommens erwartbar	0,88	0,80	1,14	1,41	0,93	0,01	0,00	0,28	0,09	5,54
Holznutzung nicht zulässig oder nicht zu erwarten	5,62	8,79	3,83	6,32	4,84	0,01	0,34	2,32	0,86	32,94
mit Einschränkung der Holznutzung	8,57	10,38	5,87	10,14	7,41	0,02	0,36	2,95	1,00	46,71
keine Einschränkung der Holznutzung	101,53	170,93	37,22	53,49	173,39	2,53	19,28	176,70	36,05	771,11
mit oder ohne Nutzungseinschränkungen	110,09	181,31	43,08	63,62	180,80	2,56	19,64	179,65	37,05	817,81

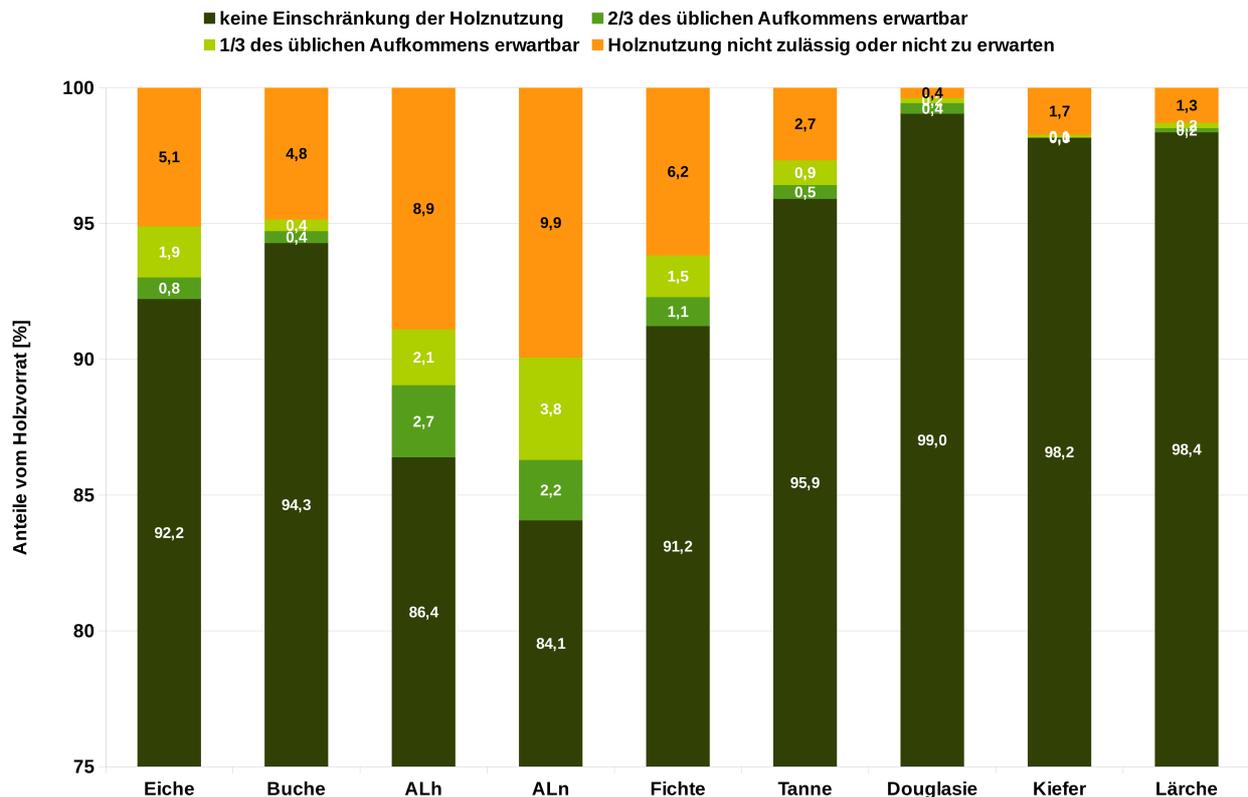


Abbildung 28: Baumartenspezifische Anteile am Holzvorrat bezüglich der Nutzungseinschränkungen nach Bundeswaldinventur als Gesamtbetrachtung der Länder Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein.

II.2.2 Ursachen der Nutzungseinschränkung

In der BWI werden inner- und außerbetriebliche Ursachen für die Nutzungseinschränkungen kategorisiert und erhoben (siehe Tabelle 2). Sobald mehrere Ursachen vorliegen, wird die wichtigste angegeben. Insofern können sich verschiedene Kategorien, auch inner- und außerbetriebliche, überlagern.

Insgesamt sind in den Trägerländern der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) auf Grundlage der BWI 3 rund 68.950 ha aufgrund außerbetrieblicher Ursachen in der Nutzung eingeschränkt (4,4 % der gesamten Waldfläche der genannten Bundesländer von 2.667.902 ha). Davon ist auf 63 % eine Holznutzung nicht zulässig bzw. zu erwarten, auf rund 23 % kann mit 1/3 und auf rund 14 % mit 2/3 des üblichen Aufkommens gerechnet werden. Als Hauptgrund für diese außerbetrieblichen Einschränkungen können Naturschutz und sonstige außerbetriebliche Gründe angesehen werden (siehe Abbildung 29).

Aufgrund innerbetrieblicher Umstände sind in den Ländern Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein etwa 161.358 ha in der Nutzung eingeschränkt (6,8 % der gesamten Waldfläche der genannten Bundesländer von 2.667.902 ha). Dabei ist auf rund 74 % der Fläche eine Holznutzung nicht zulässig oder zu erwarten und auf 16 bzw. 10 % der Fläche sind 1/3 bzw. 2/3 des üblichen Holzaufkommens zu erwarten. Die Ursachen dafür sind meist Geländeeigenschaften (u. a. Nassstandorte), sonstige innerbetriebliche Gründe oder Splitterbesitz mit unwirtschaftlicher Größe (siehe Abbildung 30).

Tabelle 2: Aufstellung der Ursachen für die Einschränkung der Holznutzung nach Bundeswaldinventur getrennt nach außer- und innerbetrieblichen Gründen.

Außerbetriebliche Ursachen	Innerbetriebliche Ursachen
<ul style="list-style-type: none"> - Naturschutz - Schutzwald - Erholungswald - Sonstige außerbetriebliche Ursachen 	<ul style="list-style-type: none"> - Splitterbesitz mit unwirtschaftlicher Größe (z. B. in Realteilungsgebieten) - Streulage - unzureichende Erschließung - Geländeeigenschaften, Nassstandort - geringe Ertragserwartung (dGZ < 1 m³/ha/a) - Schutzflächen in Eigenbindung (z. B. Naturwaldreservate) - Sonstige im Betrieb liegende Ursachen

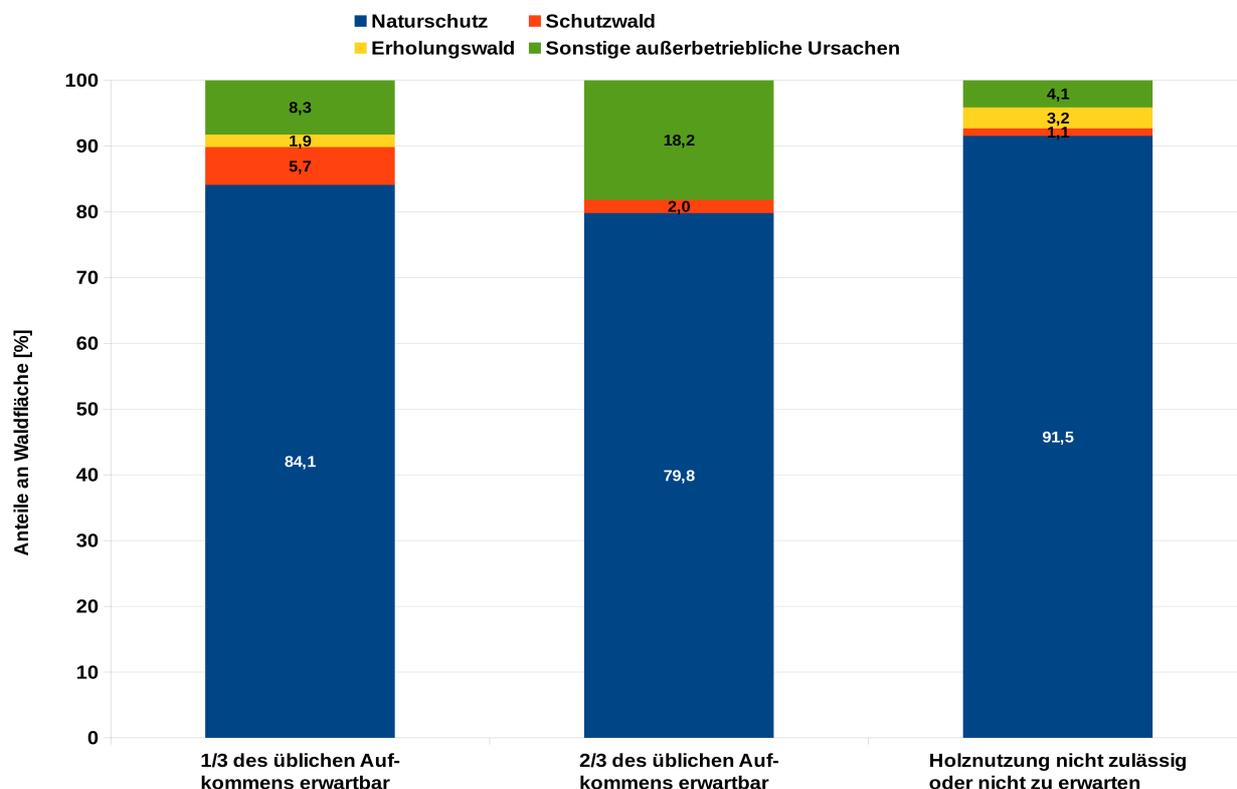


Abbildung 29: Anteile an der Waldfläche der außerbetrieblichen Nutzungseinschränkungen getrennt nach Ursachen in den Ländern Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein.

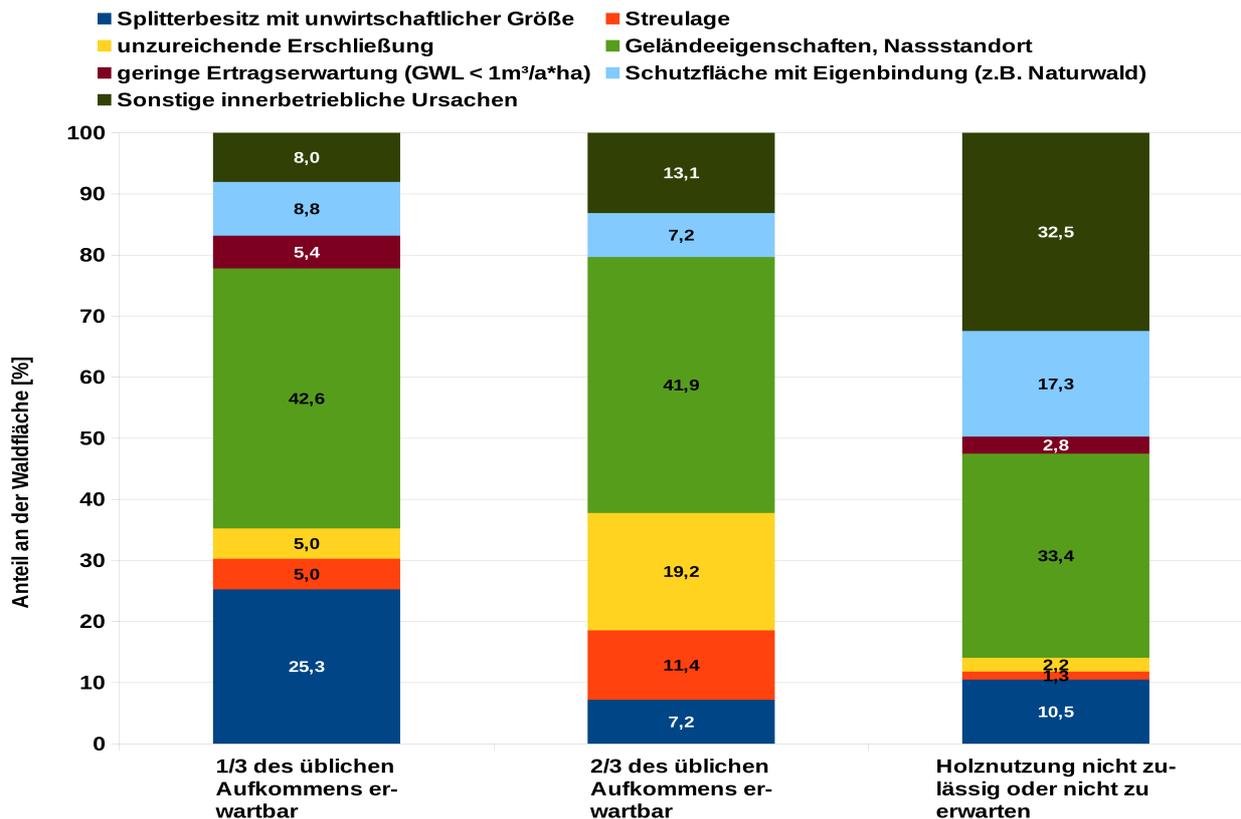


Abbildung 30: Anteile an der Waldfläche der innerbetrieblichen Nutzungseinschränkungen getrennt nach Ursachen in den Ländern Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein.

II.2.3 Erntebedingungen

Mithilfe einer Sonderauswertung ist es möglich Aussagen über die Erntebedingungen mit Bezug zum Vorrat zu treffen. Bei der Bundeswaldinventur werden die in Tabelle 3 aufgeführten Merkmale am Trakt erhoben. Dabei werden die Bedingungen für die Holzernte unabhängig von möglichen Nutzungseinschränkungen angegeben.

In den Trägerländern der NW-FVA stockten im Jahr 2012 rund 818 Mio. m³ Derbholz. Davon kann der Großteil (91,2 %) mit allen gängigen Verfahren geerntet werden (Kategorie 1). Für rund 4,4 % des Vorrates ist die Ernte nicht durch einen normalen Harvester möglich (Kategorie 3). Für 2,8 % des Vorrates sind der Hangharvester o. ä. Verfahren für die Ernte notwendig (Kategorie 2) und bei 1,1 % des Vorrates ist die Ernte aufgrund erheblicher Erschwernisse unwahrscheinlich (Kategorie 5). Zur Ernte von lediglich 0,5 % des Vorrates ist ein Seilkran erforderlich (Kategorie 4).

Tabelle 3: Kategorien des Merkmals der Bundeswaldinventur „Bedingungen für die Holzernte“ und dazugehörige Erläuterungen (Quelle: BMELV 2011)

Kategorie	Erläuterung
Für alle Holzernteverfahren geeignet	<ul style="list-style-type: none"> - ebene bis hängige Lagen (< 30 % [17°] Hangneigung), - keine extremen Weichböden
Hochmechanisierte Verfahren nur mit Hang-Vollernter/Hang-Tragschlepper möglich	<ul style="list-style-type: none"> - hängiges bis steiles Gelände (30 – 55 % [17° – 29°] Hangneigung), - keine/wenig Blocküberlagerung, Quellhorizonte, Geländebrüche, - Böschungsneigung (Übergang Fahrweg/Rückegasse) < 60 % [31°], - Rückegassen-Erschließung im 40-m-Abstand in Falllinie vorhanden
Nicht für Harvester geeignet, jedoch kein Seilkrangelände	<ul style="list-style-type: none"> - hängiges bis steiles Gelände (30 – 50 % [17° – 27°] Hangneigung), - Blocküberlagerung; Quellhorizonte; Geländebrüche, - Maschinenweg-Erschließung vorhanden
Seilkran erforderlich	<ul style="list-style-type: none"> - extreme Weichbodensituationen beliebiger Hangneigung, - Steilhang (> 50 % [27°] Hangneigung), - Blocküberlagerung; Quellhorizonte; Geländebrüche, - fehlende oder unzureichende Maschinenweg-Erschließung (Abstände mehr als 150 m), - Fahr- oder Maschinenweg hangoben und hangunten vorhanden
Holzernte wegen erheblicher Erschwernisse unwahrscheinlich	<ul style="list-style-type: none"> - fehlende oder unzureichende Erschließung (Rückegassen- oder Maschinenweg-Abstände mehr als 150 m), - extreme Rückedistanzen (Entfernung vom Hiebsort zum nächsten Fahrweg mehr als 1 km) oder fehlende Anbindung - Steilhänge (> 50 (55) % [27° (29°)] Hangneigung) ohne Fahr- oder Maschinenwege hangoben und hangunten

II.3 Einschlagsdatenanalyse bezüglich der Sortimente und Qualitäten

II.3.1 Datengrundlage und methodisches Vorgehen

Das Waldeigentum in Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein ist teilweise sehr unterschiedlich verteilt (siehe Abbildung 31). So ist der Kommunalwaldanteil in Hessen mit 36,3 % sehr viel höher als in den anderen betrachteten Ländern. Der Anteil des Landeswaldes ist in Hessen ebenfalls am höchsten (38,2 %), gefolgt von Schleswig-Holstein (31,0 %) und Niedersachsen (27,9 %). In Niedersachsen wiederum ist der Privatwald mit 58,7 % am stärksten vertreten und Sachsen-Anhalt hat aufgrund der großen Truppenübungsplätze mit 10,2 % den größten Anteil Bundeswald. Im Durchschnitt über die vier Länder ergibt sich eine Eigentumsartenverteilung von 4 % Bundes-, 31 % Landes-, 18 % Körperschafts- und 46 % Privatwald. Auch die Baumartenverteilung und Nutzungsintensität (siehe Kapitel II.1) innerhalb der untersuchten Länder ist sehr unterschiedlich. Daraus ergeben sich hinsichtlich der Interpretation der folgenden Ergebnisse gewisse Unschärfen, die aber nicht zu vermeiden sind, da nur Daten aus dem Landeswald ausgewertet werden konnten. Eine zusätzliche Auswertung hessischer Daten ergab, dass die Sortenverteilung zwischen Landes- und Nichtlandeswald abgesehen vom Energieholzanteil sehr ähnlich sind (siehe Abbildung 32).

Für die Analyse standen die Einschlagsdaten der Landeswälder von Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein im Zeitraum von 2010 bis teilweise Ende 2016 mit einem Gesamtvolumen von rd. 21,1 Mio. m³ zur Verfügung. Zu Beginn wurden die unterschiedlichen Bezeichnungen für Sortimente und Qualitäten (HKS, betriebseigen, RVR) in ein einheitliches Format in Anlehnung an die Rahmenvereinbarung für den Rohholzhandel in Deutschland ([RVR](#)) überführt (siehe Tabelle 4). Dabei wird angenommen, dass Holz zur energetischen Verwendung (ES, EL) keiner Qualität bedarf und das Industrieholz (IS, IL) eine mittlere Qualität hat (i. S. der Qualitätsbezeichnung F: fehlerhaftes Holz – leicht anbrüchig, grobastig, krumm). Diese Annahme liegt auch darin begründet, dass die Bezeichnungen in den Einschlagsdaten oftmals an die jeweiligen Holzverkaufsverträge angelegt sind und die wahre Qualität i. d. R. nicht ermittelt wird oder Qualitätsbezeichnungen in den Daten schlichtweg fehlten.

Soweit möglich wurden die Einschlagsmengen nach Stärkeklassen zusammengefasst. Dies war aber aufgrund des Aufnahmeverfahrens (sog. Sektions- oder Schichtraummaß, Verfahrensbeschreibung siehe RVR; bzw. aggregierte Daten der Forstwirte an den Revierleiter), insbesondere beim Energie- und Industrieholz nicht möglich. Um dieses Problem für die Baumart Buche zu lösen (rd. 30 % des Buchenvolumens ohne Stärkeangabe) wurde folgender Ansatz gewählt: Für eine Teilmenge der Einschlagsdaten der Buche ist die Sortenverteilung über Stärkeklassen bekannt. In Verbindung mit den Informationen der 2. und 3. Bundeswaldinventur (BWI 2 bzw. 3) zu den Vorräten des genutzten Buchenbestandes in den Landeswäldern der oben genannten Bundesländer, wurde eine angepasste Sortenverteilung für das Energie- und Industrieholz über Stärkeklassen für das Teilkollektiv „fehlende Stärkeklasse“ erstellt (siehe Tabelle 5).

Die räumliche Auswertung der Buchendaten sollte ursprünglich auf Skala der Wuchsgebiete (siehe Abbildung 33), wie sie bei Gauer und Aldinger (2005) beschrieben sind, erfolgen. Jedoch erwies

sich dies aufgrund der sehr unterschiedlichen Baumarten- und Besitzartenverteilung in den Wuchsgebieten als nicht zielführend. So sind beispielsweise die Wuchsgebiete mit dem höchsten Landeswaldanteil das Mitteldeutsche Trias-Berg- und Hügelland (Nr. 37 in Abbildung 33), der Harz (Nr. 36), das Ostniedersächsische-Altmarkische Altmoränenland (Westprignitz-Altmarkisches Altmoränenland, Nr. 11) und das Ostniedersächsische Tiefland (Nr. 13). Daher erfolgte die abschließende regionale Auswertung der Buchendaten auf der Ebene von drei Regionen - Tiefland, Lösshügelland und Mittelgebirge (siehe Abbildung 38). Dazu wurden die Waldeinteilungen (Bundesland, Forstamt, Revier, Abteilung), soweit vorhanden, mit den Geodaten der Wuchsgebiete in einem Geografischen Informationssystem verschnitten (NW-FVA, Abt. B). Jedoch konnte u. a. aufgrund von Organisationsänderungen innerhalb der Landeswälder nicht das gesamte Buchenvolumen den Wuchsgebieten zugerechnet werden. Daher geht in die räumliche Auswertung ein Volumen von nunmehr rd. 5,09 anstatt insgesamt 5,11 Mio. m³ ein. Die Information über die angesprochene räumliche Ebene dient später der Zuordnung der simulierten Nutzungsmengen zu den erarbeiteten Qualitätsverteilungen.

Für alle anderen Baumarten wird die Qualitätsverteilung der definierten Sorten des gesamten Datensatzes zur Quantifizierung der Qualität der simulierten Nutzungsmengen herangezogen. Dieses Vorgehen wurde gewählt, da einerseits Birke, Esche und Ahorn nur mit wenigen Daten vertreten sind, andererseits sind Fichte, Kiefer u. a. Baumarten nur von untergeordneter Bedeutung für das Projekt GerLau. Die ermittelten Qualitätsanteile (siehe Tabelle 40 im Anhang) dienen nach der Sortimentierung der simulierten Nutzungsmengen zur Herleitung des Potenzials von geringwertigem Holz.

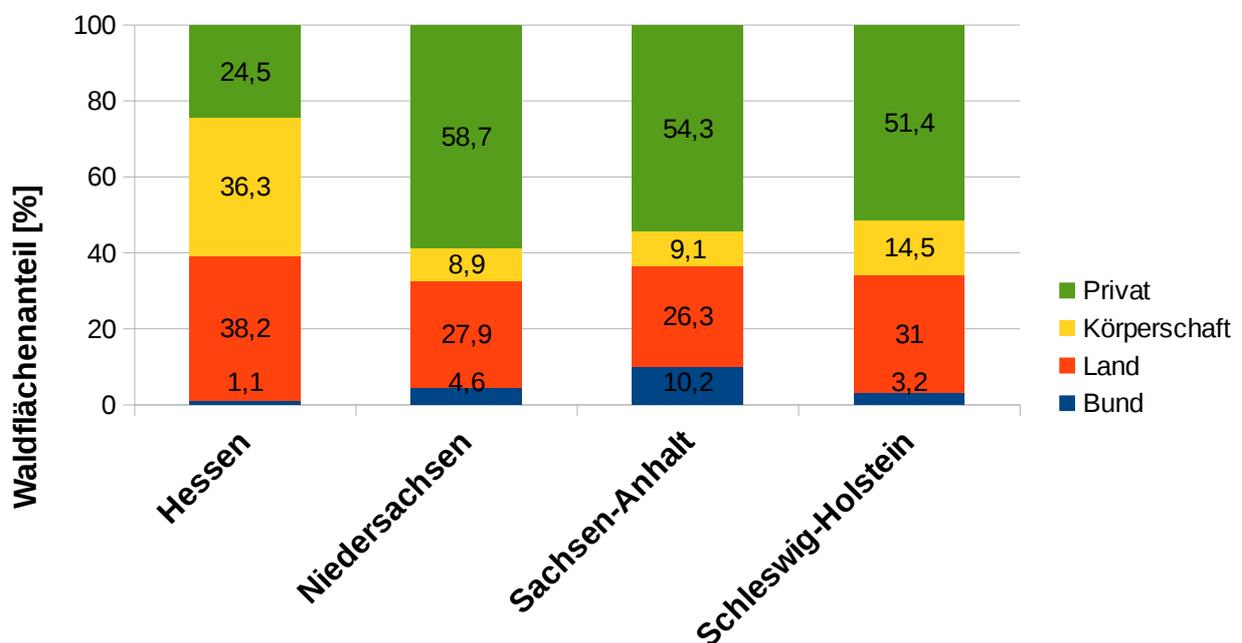


Abbildung 31: Eigentumsartenverteilung bezogen auf die Waldfläche getrennt nach Bundesland.

Tabelle 4: Verwendete Sortimente und Qualitäten

Sortiment	Qualität	Erläuterungen
ES	--	Energieholz bis 3 m
EL		Energieholz über 3 bis 6 m
IS		Industrieholz bis 3 m
IL		Industrieholz über 3 bis 6 m
FL	-- / A / B / BC / BR / C / D	Fixlängen bis 6 m
ST		Stammholz bis 30 m

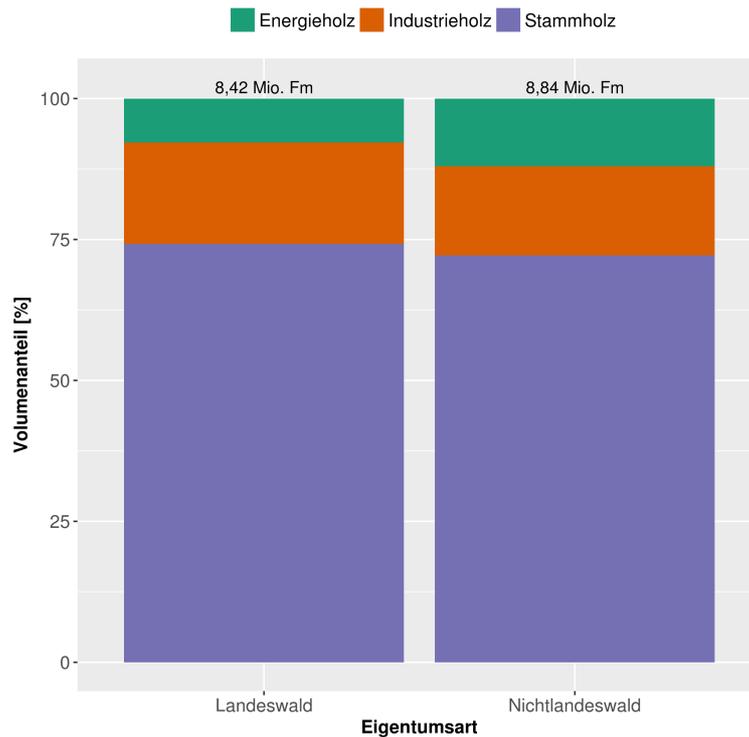


Abbildung 32: Vergleich der Volumenanteile getrennt nach Sorten im hessischen Landes- und Nichtlandeswald bezogen auf den Auswertungszeitraum.

Tabelle 5: Herleitung der angepassten Verteilung für das Buchenindustrie- und -energieholzes (IE) ohne Stärkeklasse

	Stärkeklassen [cm]				
	< 3 [7 - 30]	3 [31 - 40]	4 [41 - 50]	5 [51 - 60]	> 5 [> 60]
Nutzung zw. BWI 2 u. 3 [1.000 m³/a]	235,59	251,06	222,33	234,36	323,58
IE-Anteil je Stärkeklasse für Teilmenge [%]	86,7	61,7	10,1	4,2	16,6
IE-Anteil der Nutzung [1.000 m³/a]	204,72	154,91	22,56	9,81	53,86
Verteilungsanteile IE ohne Stärkeklasse [%]	45,9	34,7	5,1	2,2	12,1

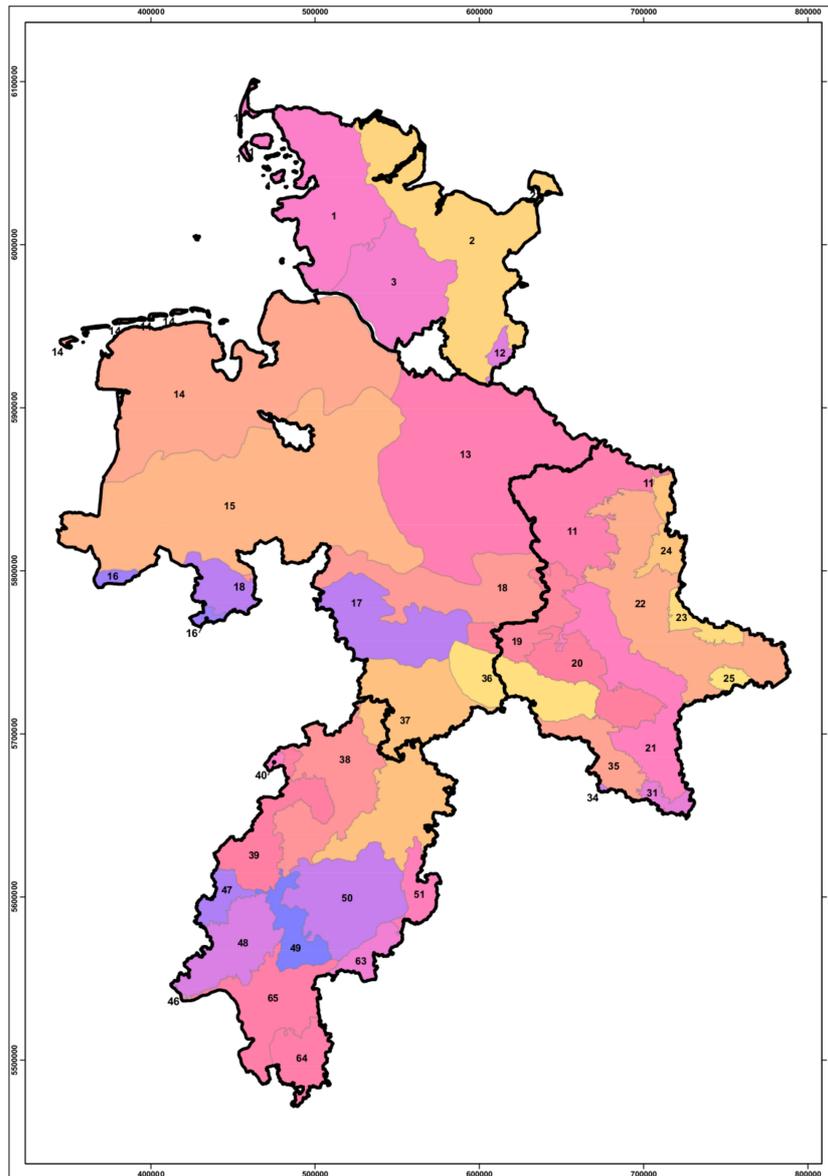


Abbildung 33: Übersicht über die Wuchsgebiete in Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein.

II.3.2 Allgemeine Ergebnisse

Von den untersuchten rd. 21,1 Mio. m³ sind rund 39 % der Baumartengruppe Fichte zuzuordnen (siehe Abbildung 34). Danach folgen Buche und Kiefer mit etwa 24 bzw. 18 %. Auf die Baumartengruppe Eiche entfallen rd. 6 %, auf Lärche etwa 5 % und auf Douglasie lediglich etwas weniger als 3 %. Andere für das Projekt GerLau wichtige Baumarten wie Ahorn, Birke und Esche sind zu etwa 0,4 bis rund 1,0 % in den Einschlagsdaten vertreten.

Die häufigsten Sortimenten sind Fixlängen und Stammholz (zusammen etwa 62 %). Danach folgen die Industrieholz- (26 %) und Energieholzsортimente (12 %) (siehe Abbildung 35). Die energetische Verwendung hat über alle Baumarten einen vergleichsweise geringen Anteil. Hier entsprechen Aushaltung sowie Verbuchung und Verwendung nicht zwingend den Erwartungen bzw. den baumartenspezifischen Ergebnissen. So ermittelte Mantau (2015) für die energetische Holznutzung

im Jahr 2010 einen Anteil von 70 % an der gesamten Holzverwendung in Norddeutschland. Neuste Untersuchungen von Mantau et al. (2018) zeigen, dass die energetische Holzverwendung bundesweit betrachtet rund 50 % am gesamten Holzverbrauch beträgt.

Bei rund 38 % der gesamten Daten sind keine Qualitäten angegeben bzw. eine Zuordnung nicht notwendig/möglich (siehe Abbildung 36), auch aufgrund der vorgenommenen Einteilung nach Tabelle 4. Weiterhin werden ein weiteres Drittel der verbuchten Volumen der Qualitätskategorie BC zugeteilt. Die Qualitäten C und D nehmen zusammen etwa 22 % des Einschlagsvolumens ein. Höherwertige Qualitäten (A und B) sind nur in geringem Umfang (rd. 7 %) in den Daten vertreten.

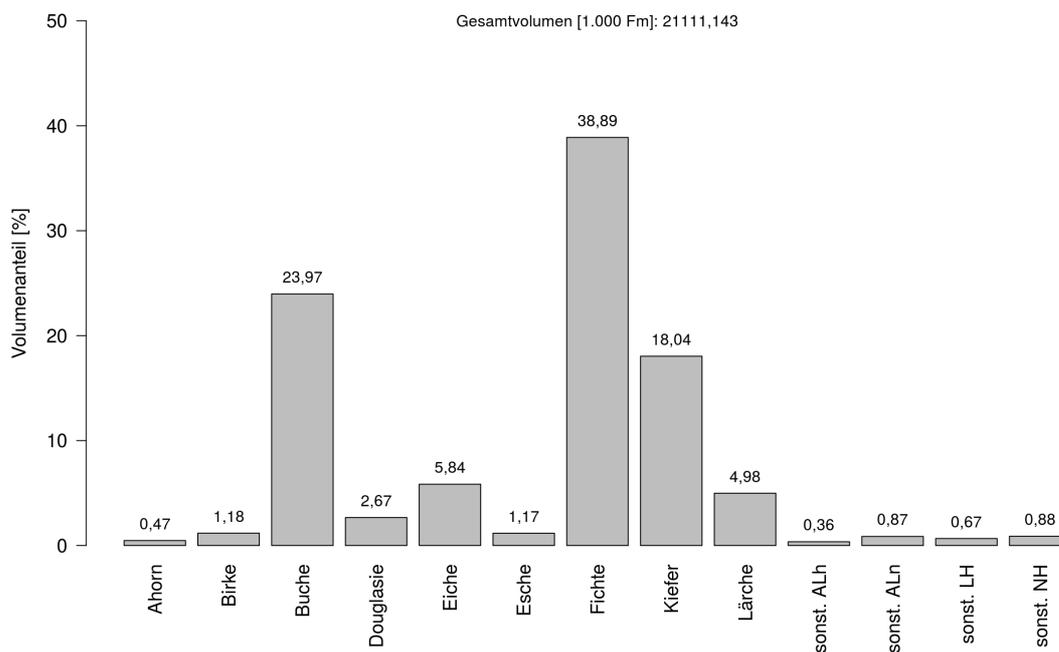


Abbildung 34: Volumenanteile der Baumartengruppen am Gesamtvolumen.

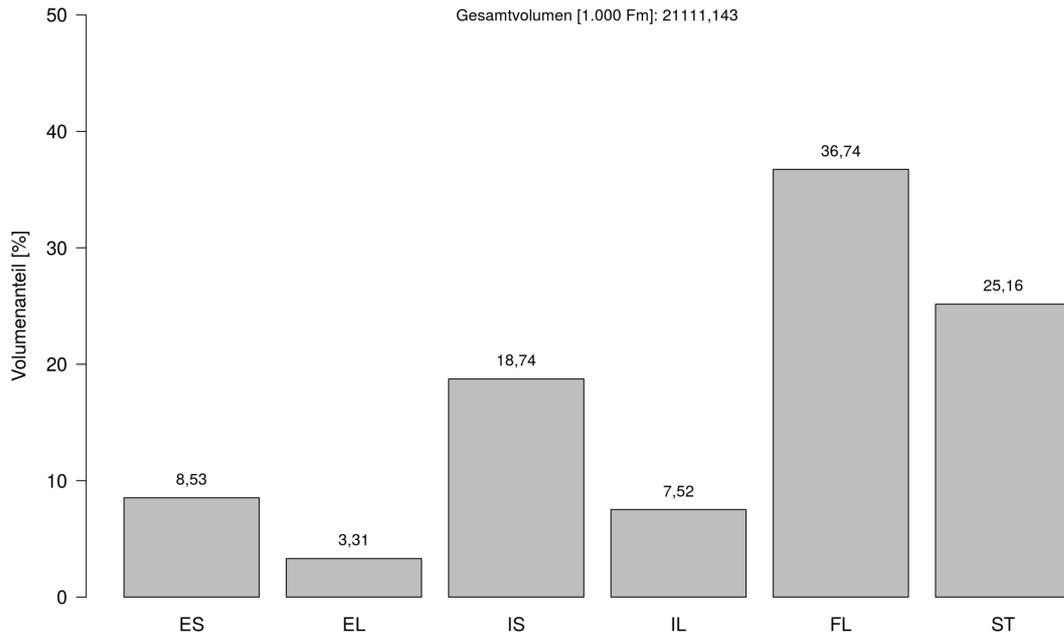


Abbildung 35: Volumenanteile der Sortimente am Gesamtvolumen

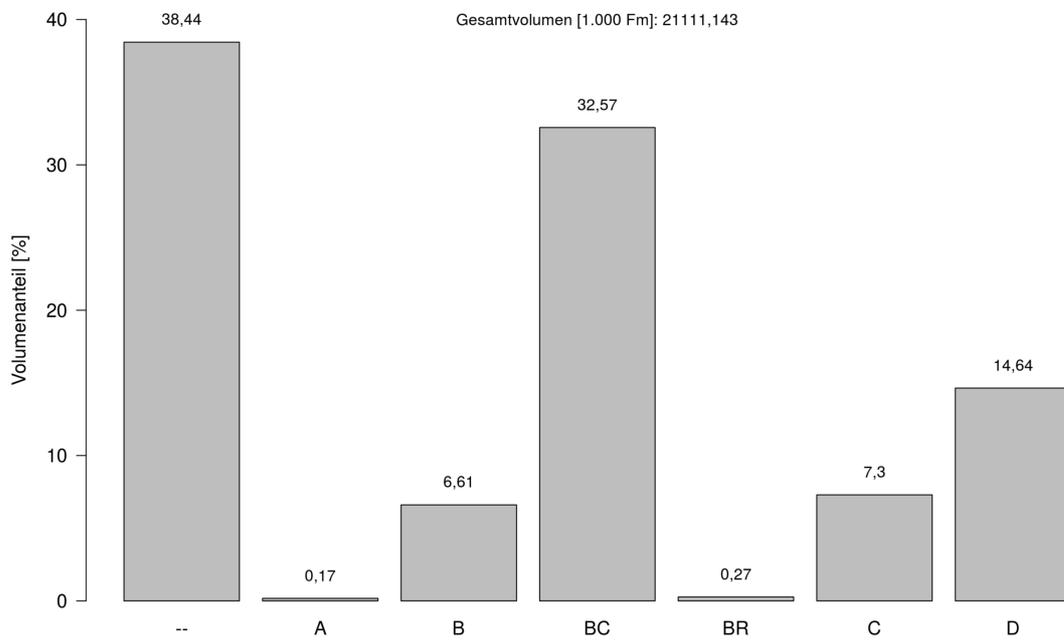


Abbildung 36: Volumenanteile der Qualitäten am Gesamtvolumen.

II.3.3 Laubholzspezifische Ergebnisse

In Summe sind rd. 6,9 Mio. m³ Laubholz in den gesamten Einschlagsdaten enthalten. Den größten Anteil daran hat die Buche mit etwa 73 %, gefolgt von Eiche (ca. 18 %) und Esche sowie Birke (jeweils rd. 4 %). Ahorn hat mit etwas mehr als 1 % den geringsten Anteil.

Im Mittel über die angeführten Laubholzarten wurden rd. 28,7 % des gesamten Laubholzvolumens für die energetische Nutzung bereitgestellt (siehe Tabelle 6) und somit stellt es das volumenbezogen zweithäufigste Sortiment beim Laubholz dar. Der Anteil des Energieholzes ist bei dieser Teilmenge auch sehr viel höher als in der Gesamtschau (vgl. 12 %, siehe Abbildung 35). Im Vergleich ist der verbuchte Energieholzanteil bei Buche am geringsten, bei Birke am höchsten. Über alle untersuchten Laubhölzer beträgt der Industrieholzanteil durchschnittlich etwa 34,4 %, wobei er bei Ahorn sowie Birke (jeweils 50 %) am höchsten und Eiche (rd. 31 %) am geringsten ist. Fixlängen werden beim Laubholz nur in einem geringen Umfang ausgehalten (8,6 % über alle Laubhölzer). Am wenigsten wird dieses Sortiment bei Birke (rd. 2 %), am häufigsten bei Eiche (ca. 14 %, vermutlich Submissionsholz) vergeben. Ein durchschnittlicher Anteil von 28,3 % des untersuchten Laubholzvolumens wurde als Stammholz verbucht. Insbesondere bei Buche (32,1 %), Eiche (22,6 %) und Esche (16,5 %) ist es ein wichtiges Sortiment, bei Ahorn sowie Birke spielt es kaum eine Rolle.

Bezüglich der Qualitäten des Stammholzes und der Fixlängen zeigt sich, dass rund 1 % des Volumens keine Qualität hat (siehe Tabelle 7). Insgesamt ist dieser Anteil als gering anzusehen, wobei er bei Ahorn und Esche höher ist als im Durchschnitt. Über alle Laubhölzer hinweg fiel nur ein geringer Anteil von weniger als 1 % in die Güteklasse A. Bei Buche sind die Anteile des A-Holzes am geringsten. Hierbei ist zu beachten, dass der Zeitraum in dem die Daten erhoben wurden, maximal 6 Jahre beträgt und die auf eine Erhöhung der Holzqualität zielenden Waldbaukonzepte, welche seit etwa 30 Jahren Anwendung finden, wahrscheinlich noch nicht zum Tragen kommen bzw. in Endnutzungsbeständen die Qualitätsentwicklung nicht mehr beeinflussen können. Der durchschnittliche Anteil des Mischsortimentes BC bzw. BC und BR bei Buche am ausgewerteten Volumen des Stammholzes und der Fixlängen beträgt rund 23 %. In das Zielsegment des Projektes GerLau (Qualitäten C und D) fallen insgesamt rund 62 % des gesamten verbuchten Stammholzes und der Fixlängen. Dies ist ein Indiz dafür, dass ein entsprechend hohes Potenzial für Holzprodukte aus minderwertigem Laubholz vorhanden ist. Das Energie- und Industrieholz hat per Definition in dieser Untersuchung eine mittlere Qualität (siehe Tabelle 4) und erhöht dieses Potenzial entsprechend.

Tabelle 6: Volumenanteile getrennt nach Sortimenten und Laubholzarten.

Baumart	Volumenanteile [%] - Sortimente				Volumen [1.000 m³]
	Energieholz (ES + EL)	Industrieholz (IS + IL)	Fixlängen (FL)	Stammholz (ST)	
Ahorn	41,9	50,0	5,7	2,5	100,788
Birke	47,8	50,0	2,0	0,2	249,566
Buche	26,2	34,0	7,7	32,1	5106,281
Eiche	32,1	30,9	14,4	22,6	1252,624
Esche	38,1	38,9	6,5	16,5	250,039
gew. Mittel/Summe	28,7	34,4	8,6	28,3	6959,298

Tabelle 7: Volumenanteile der Sortimente Stammholz und Fixlängen getrennt nach Qualitäten und Laubholzarten.

Baumart	Volumenanteile [%] - Qualitäten						Volumen [1.000 m³]
	--	A	B	BC (BR)	C	D	
Ahorn	4,8	2,5	25,3	12,8	40,2	14,5	8,199
Birke	0,0	0,7	4,0	5,0	5,2	85,1	5,479
Buche	1,0	0,2	11,0	23,2 (2,9)	43,4	18,5	2031,807
Eiche	1,0	3,0	20,6	8,0	50,6	16,9	463,857
Esche	3,4	2,8	22,1	35,5	28,5	7,7	57,509
gew. Mittel/Summe	1,0	0,7	13,0	22,9	44,3	18,1	2566,851

Tabelle 8: Volumenanteile der Sortimente Stammholz und Fixlängen getrennt nach Stärkeklassen und Laubholzarten.

Baumart	Volumenanteile [%] - Stärkeklassen							Volumen [1.000 m³]
	--	<3	3	4	>4	5	> 5	
Ahorn	29,3	27,7	22,4	12,7	7,9			8,199
Birke	13,2	55,9	28,7	2,1	0,2			5,479
Esche	23,5	12,4	26,7	21,3	16,1			57,509
gew. Mittel/Summe	23,4	17,5	26,3	18,8	13,9			71,187
Buche	11,2	4,8	14,3	33,6		26,5	9,7	2031,807
Eiche	17,3	17,1	27,0	20,1		10,8	7,7	463,857
gew. Mittel/Summe	12,3	7,1	16,7	31,1		23,6	9,3	2495,664
Insgesamt								2566,851

Tabelle 9: Volumenanteile der Sortimente Energie- und Industrieholz getrennt nach Stärkeklassen und Laubholzarten.

Baumart	Volumenanteile [%] - Stärkeklassen							Volumen [1.000 m³]
	--	<3	3	4	>4	5	> 5	
Ahorn	71,9	22,8	4,9	0,2	0,2			92,588
Birke	59,9	34,4	5,6	0,1	0,0			244,086
Esche	63,8	29,8	5,4	0,7	0,3			192,529
gew. Mittel/Summe	63,4	30,7	5,4	0,3	0,2			529,203
Buche	48,3	32,9	15,2	2,5		0,8	0,4	3074,474
Eiche	52,2	37,3	9,3	0,9		0,2	0,1	788,766
gew. Mittel/Summe	49,1	33,8	14,0	2,2		0,6	0,3	3863,240
Insgesamt								4392,443

Betrachtet man die Volumenanteile getrennt nach Stärkeklassen für die verschiedenen Laubholzarten und die Sortimente Stammholz sowie Fixlängen (im folgenden als Stammholz bezeichnet), fällt auf, dass je nach Laubholzart zwischen 11 und fast 30 % der genannten Sorten keiner Stärkeklasse zugeordnet werden kann (siehe Tabelle 8). Dieser Anteil ist im Mittel bei Ahorn, Birke und Esche fast doppelt so hoch (23,4 %) wie im Vergleich zum Mittel von Buche und Eiche (12,3 %). Die damit fehlende Information, welche schon in den Ursprungsdaten nicht enthalten ist, kann in der weiteren Analyse nicht genutzt werden und basiert möglicherweise auf einer fehlenden Plausibilitätsüberprüfung während der Dateneingabe. Aufgrund der geringen Besetzung der Stärkeklassen 5 und höher bei Ahorn, Birke und Esche wurden diese zur Stärkeklasse > 4 zusammengefasst. Im Gegensatz dazu ist bei Buche und Eiche eine weitere Differenzierung in die Klassen 5 und > 5 möglich. Bei allen Laubholzarten waren die Stärken unter 30 cm volumenbezogen kaum besetzt und daher erfolgte hier die Zusammenfassung in die Klasse < 3. Beim Stammholz der Edellaubhölzer und der Birke liegt der Schwerpunkt im Durchschnitt in der 3. Stärkeklasse, bei Buche und Eiche in der 4. Stärkeklasse.

Die Volumenanteile der Sortimente Energie- und Industrieholz getrennt nach Stärkeklassen und Laubholzarten zeigt Tabelle 9. Hier schwankt der Anteil des Volumens ohne Information zur Stärke je nach Baumart zwischen fast 50 und etwa 72 %. Damit ist dieser Anteil sehr viel höher als beim Stammholz, was allerdings mit dem Aufnahmeverfahren erklärt werden kann. Denn Energie- und Industrieholz wird meist im Sektionsraumverfahren (siehe RVR, Anlage VI-d) aufgenommen und dabei wird teilweise die Stückzahl (z. B. bei Aufarbeitung durch den Harvester) aber im Regelfall nicht der Durchmesser ermittelt. Besonders hoch ist der Anteil des Volumens, dass keiner Stärkeklasse zugeordnet werden kann, bei den Edellaubhölzern und Birke. Diese Baumarten fallen oftmals im Rahmen von Durchforstungen und Endnutzungen mit an und werden dann bei entsprechender Qualität und Durchmesser dem Energie- und Industrieholz zugeschlagen. Der Großteil des genutzten Laubholzvolumens der Sorten Energie- und Industrieholz ist im Bereich der

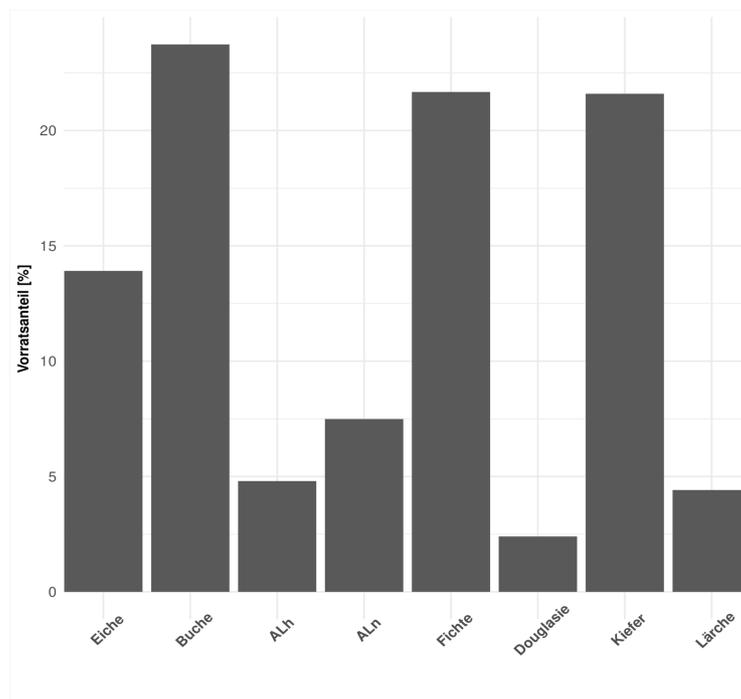


Abbildung 37: Anteil der Baumartengruppen am gesamten Derbholzvorrat der Länder Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein im Jahr 2012.

Stärkeklassen < 3 (7 bis 30 cm) zu finden. Im höheren Durchmesserbereich sind die durchschnittlichen Anteile bei Ahorn, Esche und Birke geringer und fallen von etwa 5 auf weniger als 1 %. Die Anteile bei Buche und Eiche sind allerdings in der 3. Stärkeklasse höher (14 %), fallen aber ebenfalls mit steigendem Durchmesser auf Anteile von weniger als 1 % ab. Der Anteil des Buchenindustrie- und -energieholzes, das keiner Stärkeklasse zugeordnet werden konnte, wird für die weitere Analyse mithilfe der Tabelle 5 auf die Stärkeklassen aufgeteilt. Für die anderen Laubholzarten unterbleibt dieses Vorgehen (siehe Abbildung 34).

II.3.3.1 Regionale Ergebnisse zur Buche

Die Buche als eine der häufigsten Baumarten in Deutschland steht im Fokus des Projektes GerLau. Auch im Bereich der Länder Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein hat die Buche eine herausragende Stellung, denn auf sie entfielen ca. 24 % des gesamten Derbholzvorrates (siehe Abbildung 37) und rd. 18 % des begehbaren Holzbodens (einschl. Lücken, Bäume im Hauptbestand) im Jahr 2012. Zukünftig wird die Bedeutung der Buche sicherlich noch zunehmen, denn der Buchenanteil an der Jungbestockungsfläche (Höhe bis 4 m, mit oder ohne Schirm, bestandesübergreifend) beträgt laut BWI 3 rund 28 %⁵. Für die regionale Auswertung der Buchendaten ist die Basis, wie in Kapitel II.3.1 beschrieben, geringer als im Gesamtdatensatz und beträgt rd. 5,09 Mio. m³.

5 <https://goo.gl/AYTRqB>

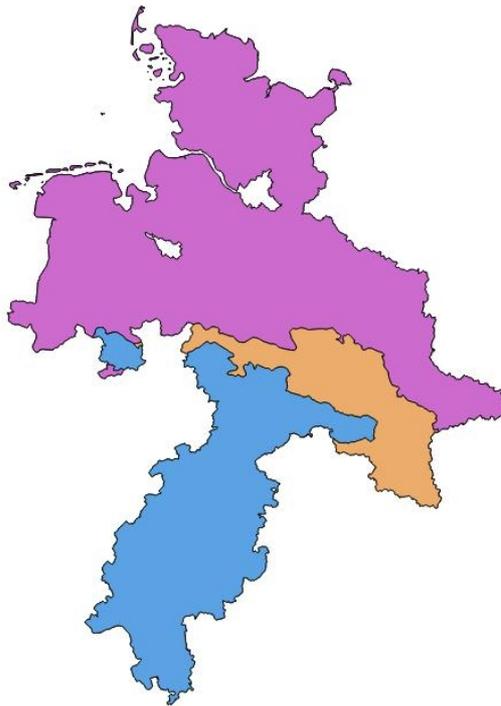


Abbildung 38: Regionen im Untersuchungsgebiet.

Die Einschlagsmengen der Buche sind aufgrund der natürlichen Vorkommensschwerpunkte sehr unterschiedlich auf die Wuchsgebiete, als Basis für eine räumliche Analyse, im Untersuchungsgebiet verteilt. Ein Wuchsgebiet ist eine Landschaft, die sich durch ihren geomorphologischen Aufbau (Gesteinscharakter, Geländeausformung), das Klima und die Landschaftsgeschichte von anderen Landschaften deutlich unterscheidet und im Inneren ähnlich ist (Gauer und Aldinger 2005). Weiterhin decken die Daten nur einen relativ kurzen Zeitraum von etwa 5 bis 6 Jahren ab. Die größten Anteile am gesamten Einschlagsvolumen der Buche sind in den Wuchsgebieten Mitteldeutsches Trias-Berg- und Hügelland (ca. 32 %) sowie Vogelsberg und den östlich angrenzenden Sandsteingebieten (rd. 11 %) zu finden. Weitere Wuchsgebiete mit vergleichsweise hohen Anteilen am Einschlagsvolumen der Buche sind das Nördliche hessische Schiefergebirge (etwa 9 %), das Weserbergland (ca. 8 %) und das Nordwesthessische Bergland (rd. 7 %). Die Anteile der anderen 29 Wuchsgebiete liegen mehrheitlich im Bereich von weniger als 1 %. Aufgrund dieser sehr ungleichen Verteilung wird die räumliche Auswertung der Buchendaten auf der Ebene von Regionen (siehe Abbildung 38) durchgeführt, wobei 91 % des Einschlagsvolumens den Mittelgebirgen, 6 % dem Tiefland und 3 % dem Lösshügelland zugeordnet wird. Grundlage für die Einteilung der Wuchsgebiete in Regionen sind Großlandschaften und Waldbauregionen. Als Großlandschaft wird die erste, den Wuchsgebieten übergeordnete Ebene der naturräumlichen Landschaftsgliederung bezeichnet (Aldinger und Gauer 2005). Eine Waldbauregion ist eine Einheit der regionalen Waldbauplanung und umfasst Landschaftsräume mit relativ einheitlichen klimatischen, geologischen und waldbaulichen Verhältnissen.

Tabelle 10: Volumenanteile der aggregierten Sortimente (S = Stamm-, I = Industrie-, E = Energieholz) von Buche getrennt nach Regionen und Stärkeklassen sowie zusätzlich die Volumen und deren Anteile getrennt nach Regionen und Sorten

Region	Sorte	Stärkeklasse [cm]					Volumen [1.000 m ³] (Anteile [%])
		< 30	30 – 39	40 – 49	50 – 59	> 59	
Lösshügelland	S	19,2	21,6	72,9	85,6	50,1	81,996 (30,0)
	I	69,9	51,4	18,6	9,6	26,5	138,939 (50,8)
	E	10,9	27,0	8,5	4,8	23,4	52,518 (19,2)
Mittelgebirge	S	5,2	24,1	83,0	91,3	50,8	1.596,665 (38,6)
	I	57,3	48,9	11,2	5,7	25,8	1.563,587 (37,8)
	E	37,5	27,0	5,8	3,0	23,4	973,321 (23,5)
Tiefeland	S	4,2	12,0	66,9	85,1	51,4	123,324 (26,8)
	I	60,1	50,4	14,7	6,4	23,8	197,097 (42,8)
	E	35,7	37,6	18,4	8,5	24,8	139,841 (30,4)

II.3.3.1.1 Sortenverteilung

Die Sortenverteilung getrennt nach Regionen und Stärkeklassen stellt sich für Buche wie folgt dar. Wobei die Sorten Fixlänge und Stammholz, aufgrund des geringen Volumens der Fixlängen, zu einer Kategorie zusammengefasst sind. Die verschiedenen Längen von Energie- und Industrieholz wurden ebenfalls aggregiert. Auch in den Regionaldaten der Buche fehlen teilweise Informationen zur Stärkeklasse oder Qualität. Daher konnten für die Sortenverteilung über Stärkeklassen lediglich rund 4,87 Mio. m³ in die folgenden Ausführungen eingehen, wobei sich diese sehr unterschiedlich auf die Regionen verteilen. So stammen etwa 85 % aus dem Mittelgebirge, 9 % aus dem Tiefland und 6 % aus dem Lösshügelland. In der Klasse unter 30 cm ist der Industrieholzanteil bestimmend, gefolgt vom Energieholz (siehe Abbildung 39). Dessen Anteil ist in dieser Stärkeklasse im Mittelgebirge und Tiefland ähnlich hoch und gleichzeitig dreimal höher als im Lösshügelland. Mit zunehmendem Durchmesser steigt der Stammholzanteil, der Anteil der anderen Sorten nimmt ab. Allerdings erst ab 40 cm überwiegt der Stammholzanteil. Dieser steigt bis 85 bzw. 91 % in der Klasse 50 – 59 cm an, um danach zugunsten des Energie- und Industrieholzes wieder zu sinken. Liegt der Durchmesser über 59 cm, so beträgt der Stammholzanteil unabhängig von der Region etwa 50 bis 51 %, der Industrieholz- bzw. Energieholzanteil jeweils rund 23 bis 26 % (siehe Tabelle 10).

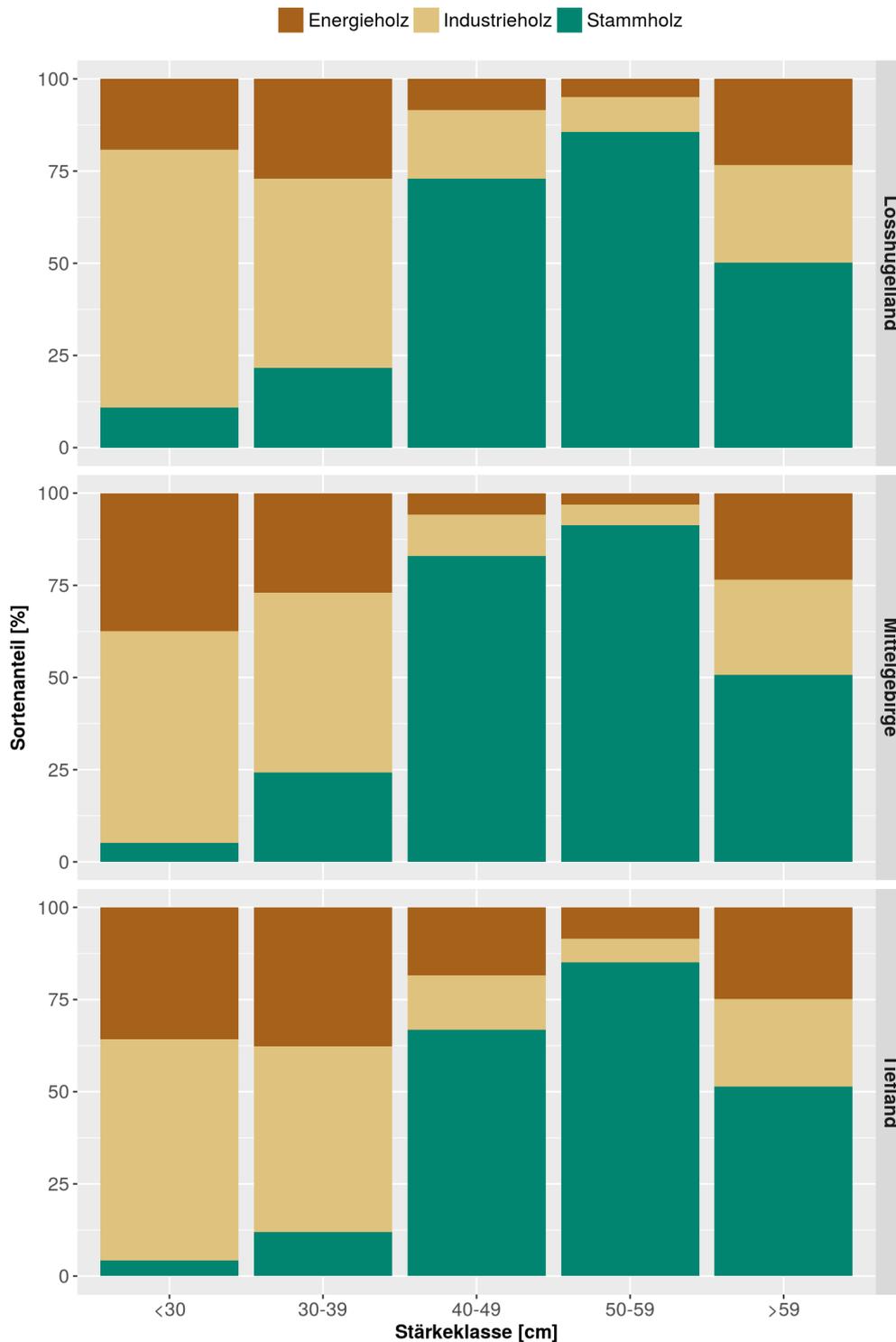


Abbildung 39: Sortenanteile [%] des Buchenholzes getrennt nach Region und Stärkeklasse.

II.3.3.1.2 Güteklassenanteile des Stammholzes

In den Abbildungen 40 ist die Güteklassenverteilung des Buchenstammholzes (Stammholz und Fixlängen) getrennt nach Stärkeklassen und Regionen zu sehen. Zunächst fällt der hohe Anteil geringerer Qualitäten (C und D) auf. Die Qualitäten C und D haben zusammen einen durchschnittlichen Anteil von rund 63 % (davon 71 % C und 29 % D). Unabhängig von der Region

ist zu erkennen, dass A-Qualität beim Buchenstammholz kaum auftritt (im Mittel 0,1 %). Die Qualität B hat am Stammholzvolumen durchschnittlich einen Anteil von 18 %, bei der BC- bzw. BR-Qualität sind es 17 bzw. rund 2 %.

Im Mittelgebirge ist der Großteil des Buchenstammholzes (85 %) zu finden. Wobei die Stärkeklassen 4 und 5 am stärksten besetzt sind, ebenso im Lösshügelland (6 % des Buchenstammholzes). Im Tiefland (9 % des Buchenstammholzes) sind es die Stärkeklassen 5 und > 5. In der Stärkeklasse < 3 aller drei Regionen fällt auf, dass dort vergleichsweise hohe Anteile besserer Qualitäten (B, BC) zu finden sind. Dies erscheint im ersten Moment unplausibel, da entsprechend hohe Anteile dieser Qualitätsstufe erst bei stärkeren Durchmessern erwartet werden. Eine mögliche Erklärung ist die Aushaltung von „Lolliholz“ (fehlerfreies Holz zur Herstellung von Eisstielen u. ä.) bzw. schwächerem Schälholz mit entsprechend hohen Qualitätsanforderungen. Allerdings sind auch Fehlbuchungen in dieser Stärkeklasse nicht auszuschließen. Auch ist der Volumenanteil dieser Stärkeklasse vergleichsweise gering und sollte daher nicht überinterpretiert werden. Im Vergleich zur Stärkeklasse < 3 ist der B-Holzanteil im Mittelgebirge in der Klasse 3 geringer. Ab Stärkeklasse 3 steigt dieser in der Mittelgebirgsregion von 5,1 bis 14,4 % an. Im Tiefland sinken die entsprechenden Werte von 28,1 auf 11 %. Der geringste B-Holzanteil ist im Lösshügelland zu finden. In der Stärkeklasse 3 beträgt er noch rund 14,5 %, sinkt dann in höheren Stärkeklassen auf 4,0 bis 8,7 %. Auch der BR-Anteil steigt ab der 3. Stärkeklasse von weniger als 1 % bis auf über 7 % im Mittelgebirge an. Im Tief- und Lösshügelland hingegen ist diese Qualität im Landeswald kaum zu finden (maximal 1,2 und 3,0 %). Im Mittelgebirge beträgt der C- bzw. D-Holzanteil ab der 4. Stärkeklasse im Mittel 46,4 bzw. 15,1 %. Im Tief- sowie im Lösshügelland sind die entsprechenden Werte 45,0 bzw. 28,2 % und 57,5 bzw. 18,5 %. Somit ist in Summe im Lösshügelland der Volumenanteil geringwertigen Buchenstammholzes (C und D) ab Stärkeklasse 4 im Mittel im Vergleich zu den anderen Regionen am höchsten (76,0 %; Tiefland: 73,2 %; Mittelgebirge: 61,5 %). In Verbindung mit den zugrundeliegenden Volumina ergibt sich insgesamt ein Potenzial an geringwertigen Buchenstammholz (Qualitäten C und D, ab der 4. Stärkeklasse) von rund 891.340 m³ (49 % des eingeschlagenen Volumens im Mittelgebirge, 48 % im Lösshügelland, 59 % im Tiefland). Über alle Stärkeklassen beträgt das theoretische Potenzial sogar 1,11 Mio. m³, was einem Anteil von etwa 62 % am eingeschlagenen Buchenstammholz entspricht.

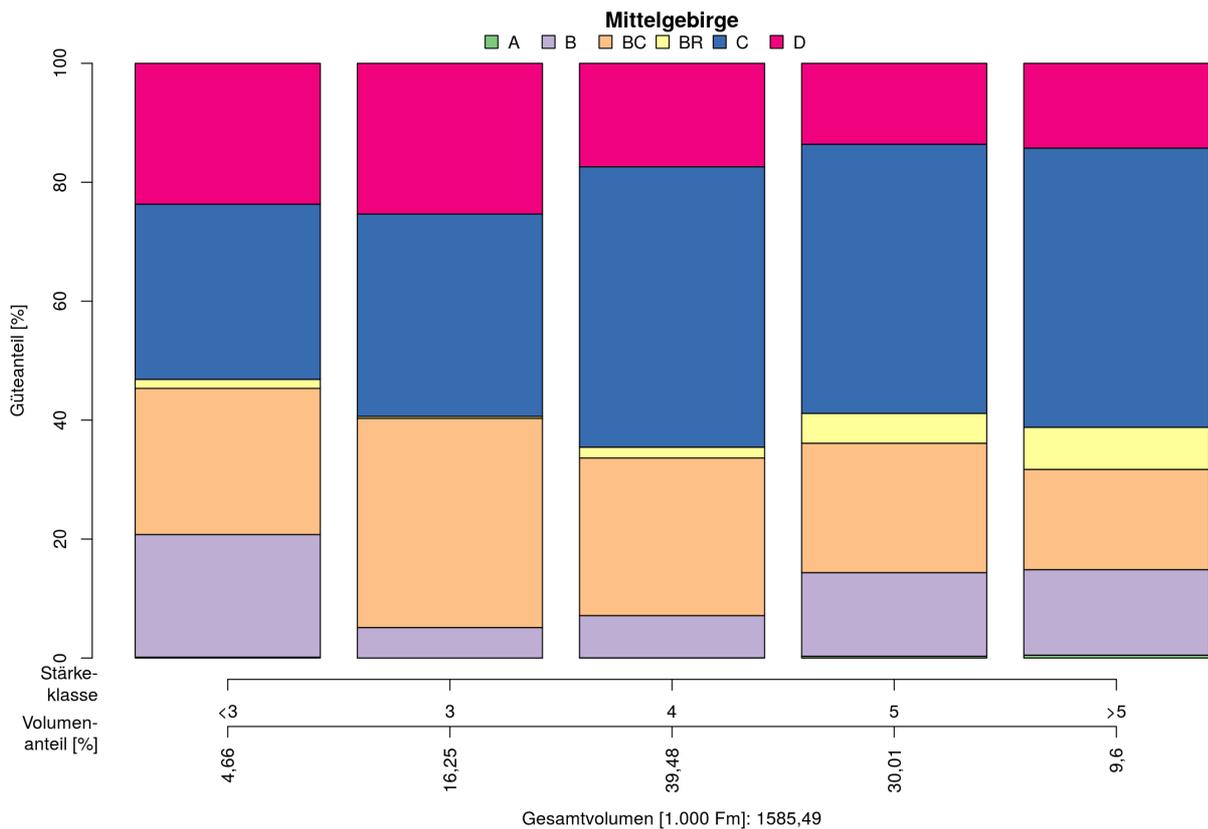


Abbildung 40: Güteanteile [%] des Buchenstammholzes getrennt nach Stärkeklassen im Mittelgebirge.

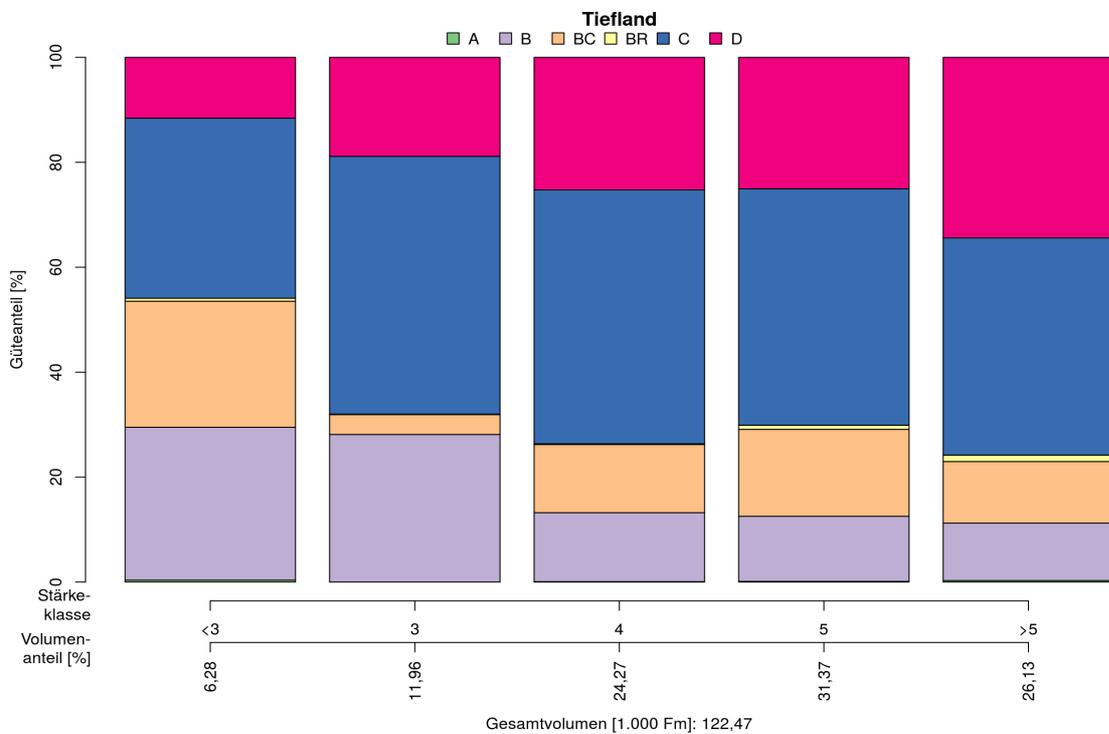


Abbildung 41: Güteanteile [%] des Buchenstammholzes getrennt nach Stärkeklassen im Tiefland.

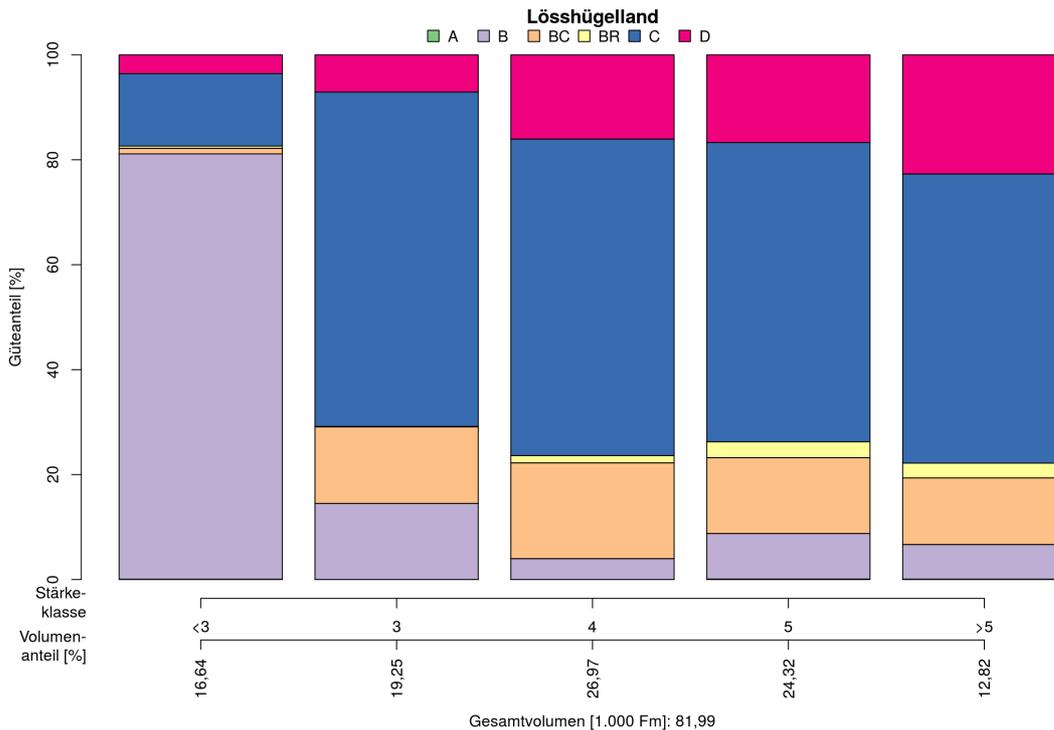


Abbildung 42: Güteanteile [%] des Buchenstammholzes getrennt nach Stärkeklasse im Lösshügelland.

II.3.3.2 Ahorn

Rund 68 % des in den vorhandenen Einschlagsdaten vorkommenden Ahornholzes kann keiner Stärkeklasse zugeordnet werden, wobei davon die Masse Energie- und Industrieholz ist (siehe Tabellen 8 und 9). Die restlichen 32 % des Volumens verteilen sich schwerpunktmäßig auf die unteren Stärkeklassen (7 bis 40 cm) (siehe Abbildung 43). Der Anteil des Stammholzes nimmt kontinuierlich mit ansteigender Stärkeklasse zu und ist erwartungsgemäß in den höheren Stärkeklassen (ab 41 cm) am höchsten. In der 4. Stärkeklasse sind rund 87 % dem Stammholz inklusive Fixlängen zuzurechnen. Über diese Stärke hinaus sinkt dieser Anteil wieder leicht auf etwa 76 % und der Anteil des Industrie- und Energieholzes steigt auf 24 % an.

Die Qualität des Stammholzes und der Fixlängen ist geprägt durch hohe Anteile von B- und C-Holz, welche sich je nach Stärkeklasse zwischen 23 und 45 % bzw. 26 und 43 % bewegen (siehe Abbildung 44). In den Stärkeklassen > 4 ist auch ein nennenswerter Anteil A-Holz von fast 22 % zu finden.

II.3.3.3 Birke

Birkenstammholz in nennenswertem Umfang ist in den Einschlagsdaten nur in den Stärkeklassen über 3 zu finden (ab 41 cm) (siehe Abbildung 45), wobei die jeweiligen Volumenanteile sehr gering sind. Der Großteil des Birkenholzes wird als Energie- und Industrieholz ausgehalten und kann daher oft keiner Stärkeklasse zugeordnet werden. Nur etwas mehr als 2 % des Birkenvolumens wird als

Stammholz oder Fixlänge ausgehalten, wobei es überwiegend mit der Qualität D belegt wird (siehe Abbildung 46). Nur in den Stärkeklassen über 40 cm sind hohe Anteile an guten Qualitäten (A- und B-Holz, insgesamt 19,3 bis 53,3 %) zu finden. Allerdings sind diese Stärkeklassen durch sehr geringe Volumenanteile gekennzeichnet und somit kaum relevant.

II.3.3.4 Douglasie

Auch wenn die Nadelholzarten nicht im Fokus des Projektes stehen, wird hier auf deren Sortenverteilung eingegangen, da die vorliegenden Daten eine wichtige Quelle für andere Analysen bzw. Projekte darstellt. Bei der Douglasie kann ein hoher Volumenanteil von 72,5 % keiner Stärkeklasse zugeordnet werden. Allerdings ist davon ein sehr hoher Anteil Fixlängen, welche oft im Sektionsmaßverfahren aufgenommen werden. Bei Douglasie fällt kaum Industrieholz an, meist wird Stammholz oder Fixlänge ausgehalten (siehe Abbildung 47 und Tabelle 37 im Anhang). Ein hoher Anteil des Stammholzes wird der Mischqualität B/C zugeordnet und der Anteil besserer Qualitäten steigt ab Stärkeklasse 3 von 20 auf fast 40 % an (siehe Abbildung 48).

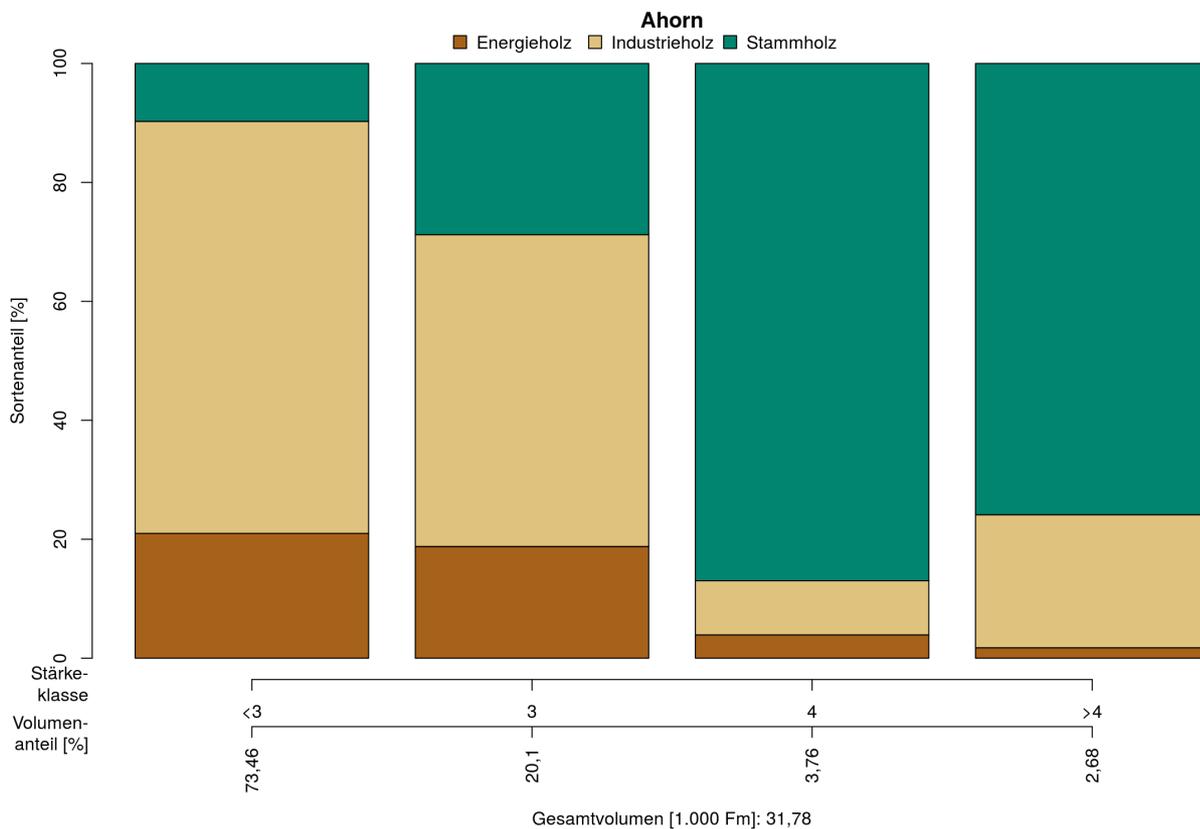


Abbildung 43: Sortenverteilung getrennt nach Stärkeklasse (ohne fehlende Stärke) für Ahorn.

Abbildung 44: Güteanteile des Stammholzes und der Fixlängen getrennt nach Stärkeklasse für Ahorn (ohne fehlende Güte sowie fehlende Stärke).

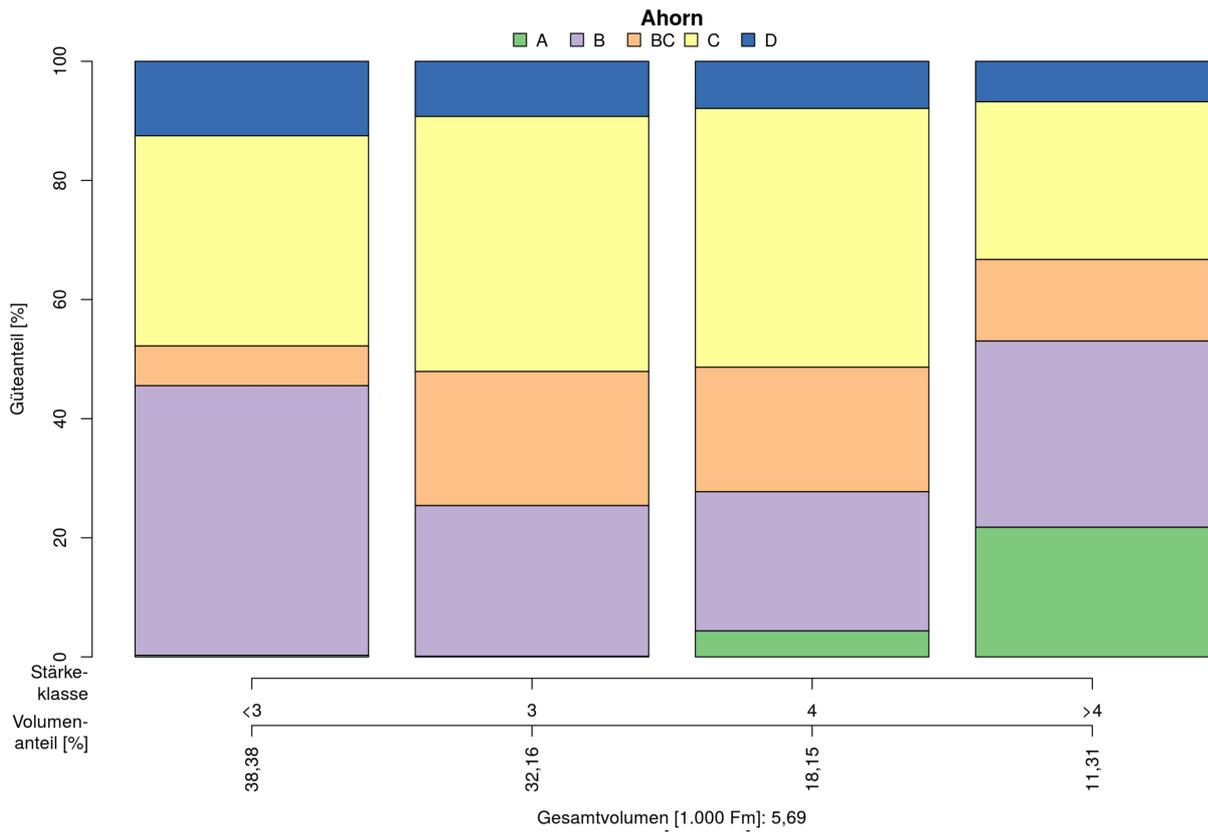


Abbildung 45: Sortenverteilung getrennt nach Stärkeklasse (ohne fehlende Stärke) für Birke.

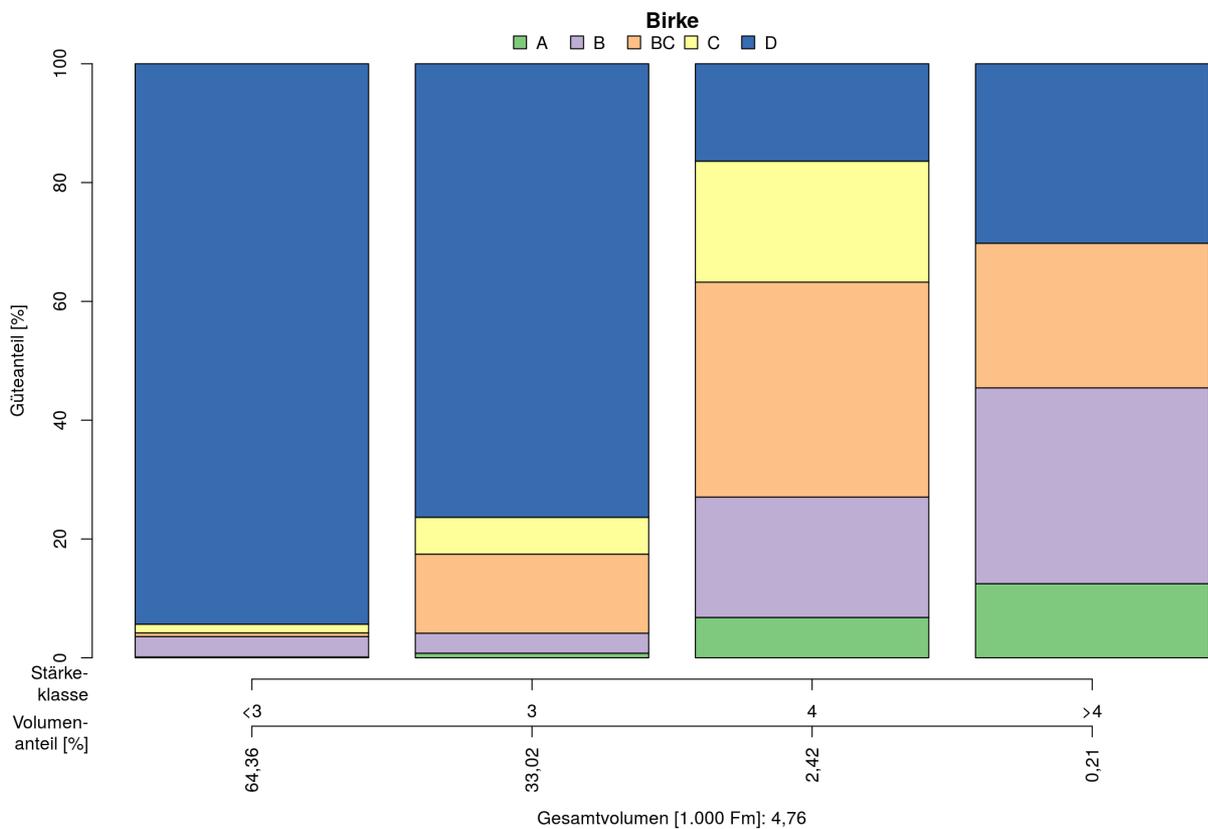


Abbildung 46: Güteanteile des Stammholzes und der Fixlängen getrennt nach Stärkeklasse für Birke (ohne fehlende Güte sowie fehlende Stärke).

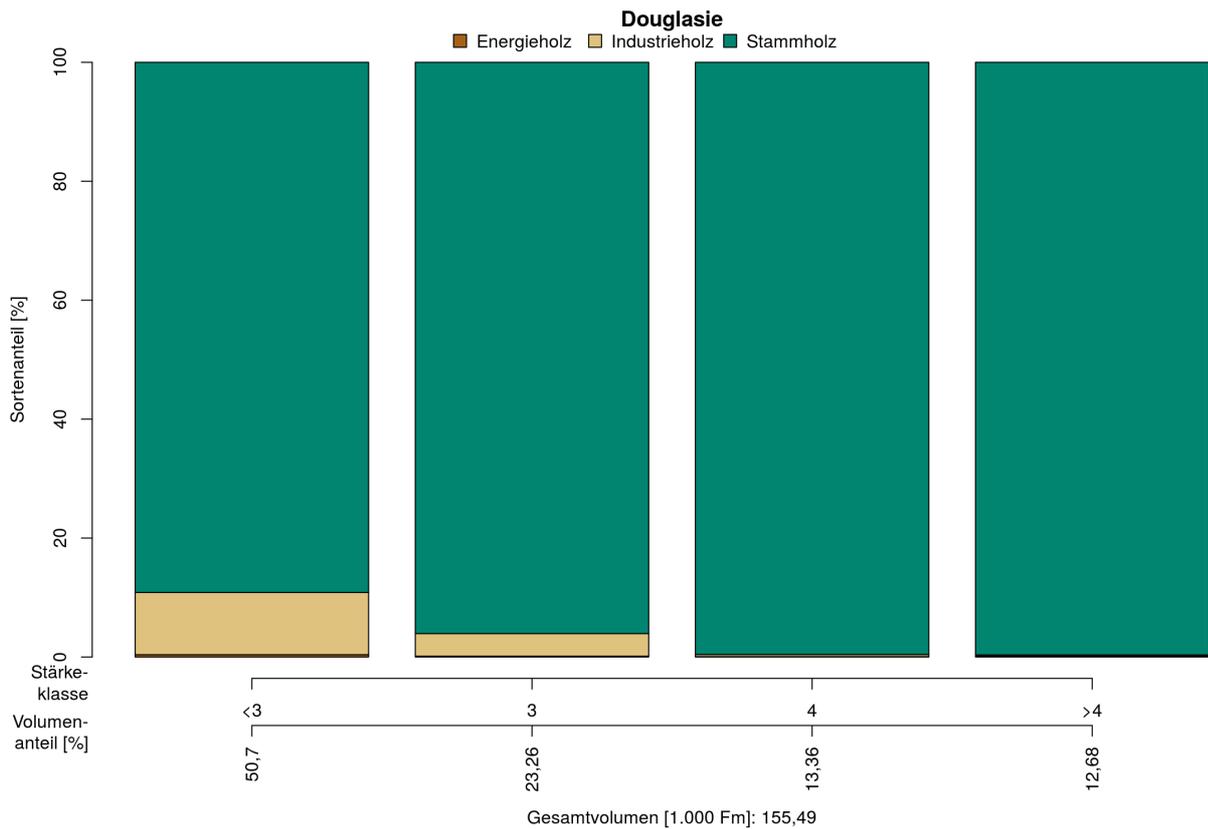


Abbildung 47: Sortenverteilung getrennt nach Stärkeklasse (ohne fehlende Stärke) für Douglasie.

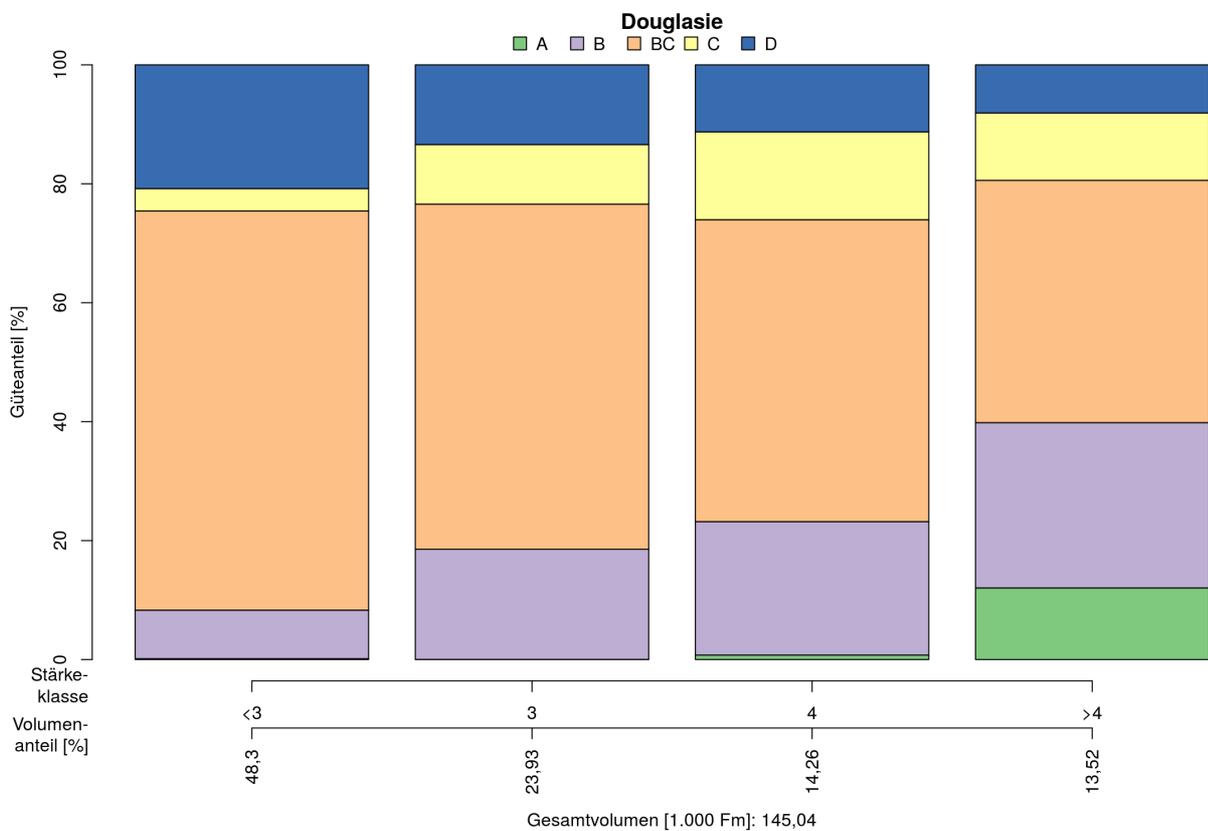


Abbildung 48: Güteanteile des Stammholzes und der Fixlängen getrennt nach Stärkeklasse für Douglasie (ohne fehlende Güte sowie fehlende Stärke).

II.3.3.5 Eiche

Bei der Eiche können rund 60 % des Volumens einer Stärkeklasse zugeordnet werden (siehe Tabellen 8 und 9). Die etwa 40 %, welche keiner Stärkeklasse zugeordnet werden können, sind meist Energie- oder Industrieholz. Etwa 50 % des auswertbaren Eichenvolumens ist im unteren Durchmesserbereich (7 bis 30 cm) zu finden, wobei das Energie- und Industrieholz (ca. 79 %) überwiegt. Mit ansteigendem Durchmesser nimmt dieser Anteil ab und beträgt in den höheren Stärkeklassen nunmehr 3 % (siehe Abbildung 49). Das Stammholz der Eiche wird im Schnitt zu rund 49 % in die Klasse C sortiert. Mit zunehmender Stärkeklasse steigt auch der Anteil von A- und B-Holz auf etwas mehr als 53 % im Bereich von mehr als 59 cm Mittendurchmesser (siehe Abbildung 50).

II.3.3.6 Esche

Auch bei Esche können fast 55 % des Volumens keiner Stärkeklasse zugeordnet werden (siehe Tabelle 8 und 9). Insgesamt wird 77 % des Eschenholzes als Energie- und Industrieholz genutzt. Vorwiegend in den unteren Stärkeklassen (< 4), in den oberen Stärkeklassen (> 3) überwiegt der Stammholzanteil (siehe Abbildung 51). Rund 23 % des gesamten Eschenholzvolumens wurde in den Einschlagsdaten als Stammholz oder Fixlänge deklariert (siehe Tabelle 6). In den unteren Stärkeklassen (< 4) gibt es einen beträchtlichen Anteil (17 und 33 %) von Stammholz bzw. Fixlängen mit B-Qualität. Im Vergleich zur Stärkeklasse < 3 ist der C- und D-Holzanteil in Klasse > 4 gesunken (von etwa 45 auf 29 %) und dementsprechend der A- und B-Holzanteil merklich angestiegen (von rund 34 auf 45 %) (siehe Abbildung 52).

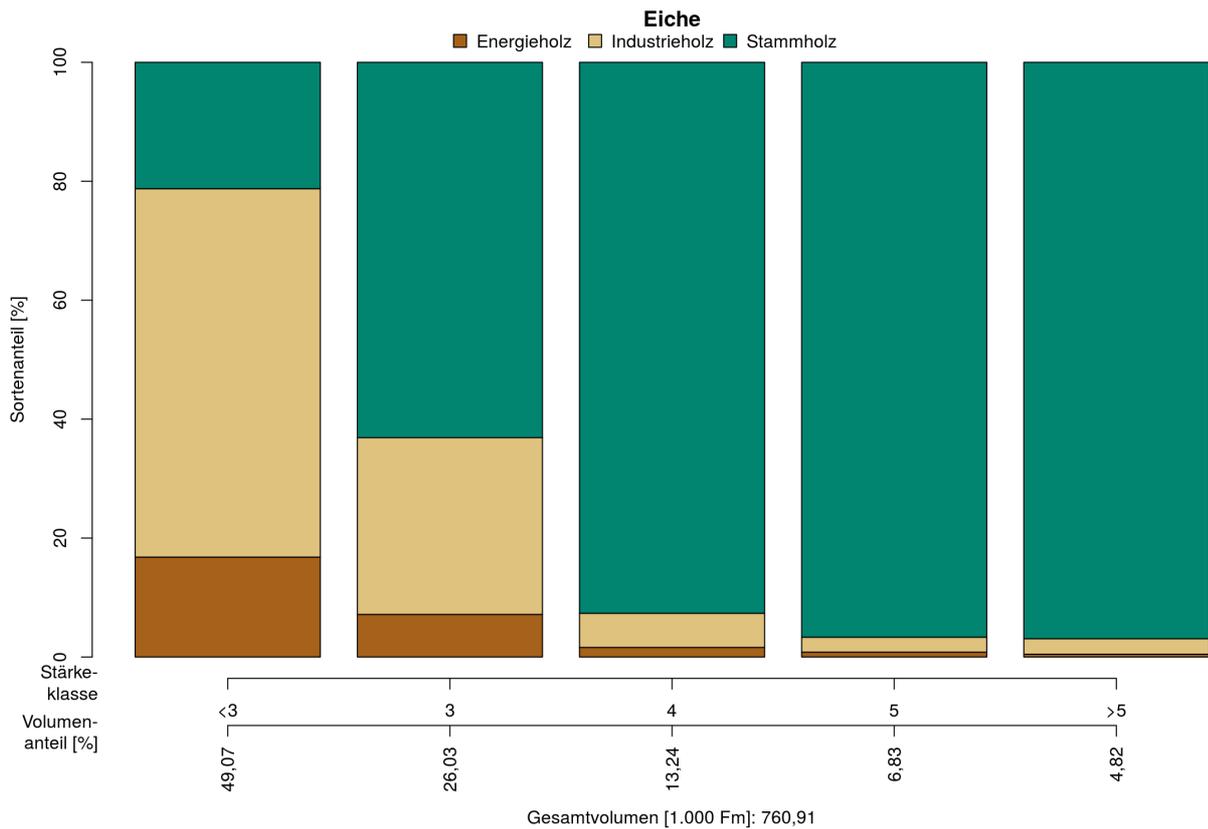


Abbildung 49: Sortenverteilung getrennt nach Stärkeklasse (ohne fehlende Stärke) für Eiche.

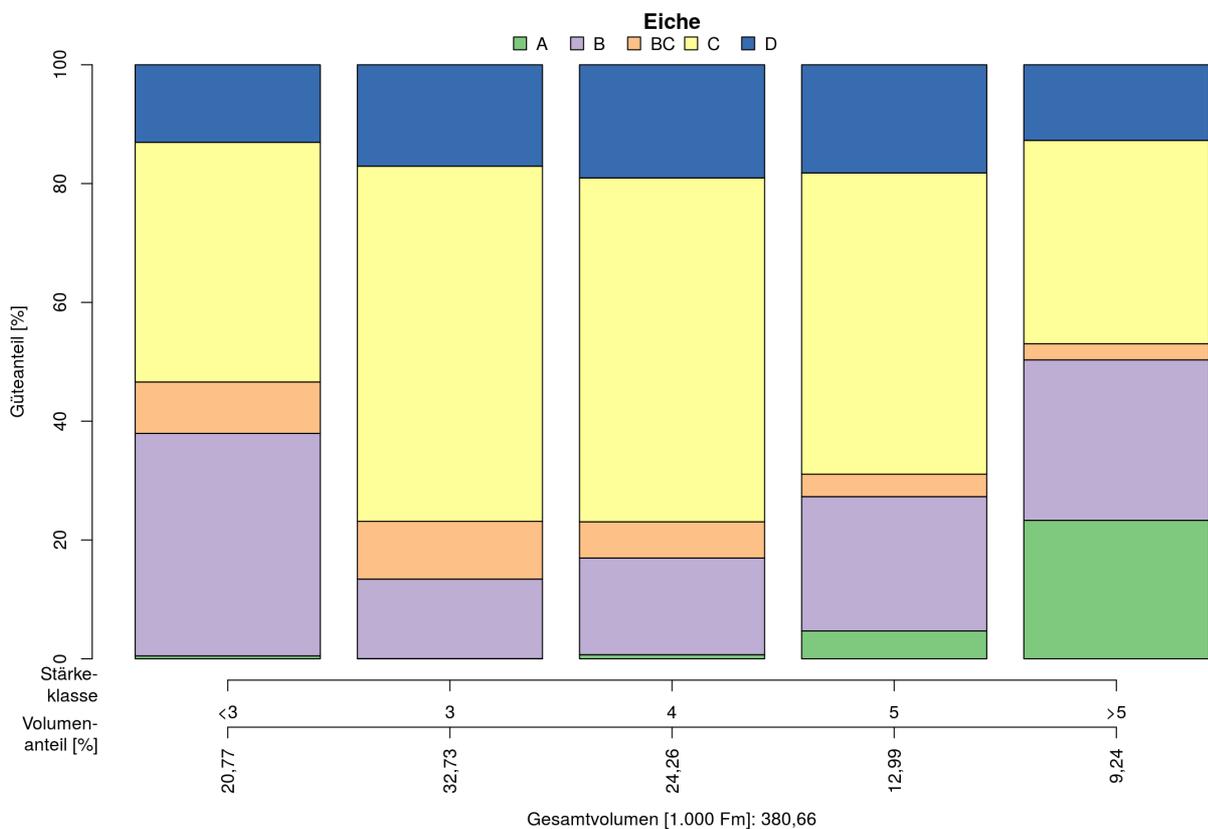


Abbildung 50: Güteanteile des Stammholzes und der Fixlängen getrennt nach Stärkeklasse für Eiche (ohne fehlende Güte sowie fehlende Stärke).

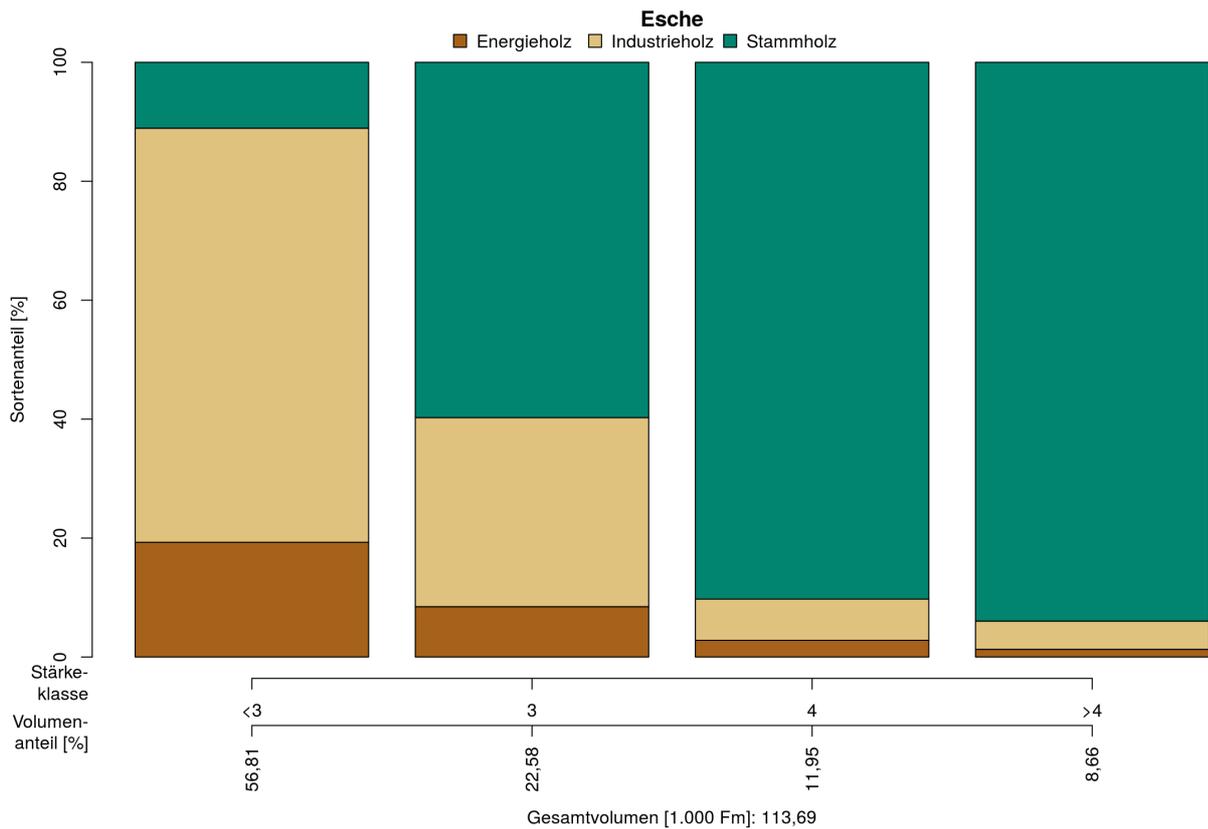


Abbildung 51: Sortenverteilung getrennt nach Stärkeklasse (ohne fehlende Stärke) für Esche.

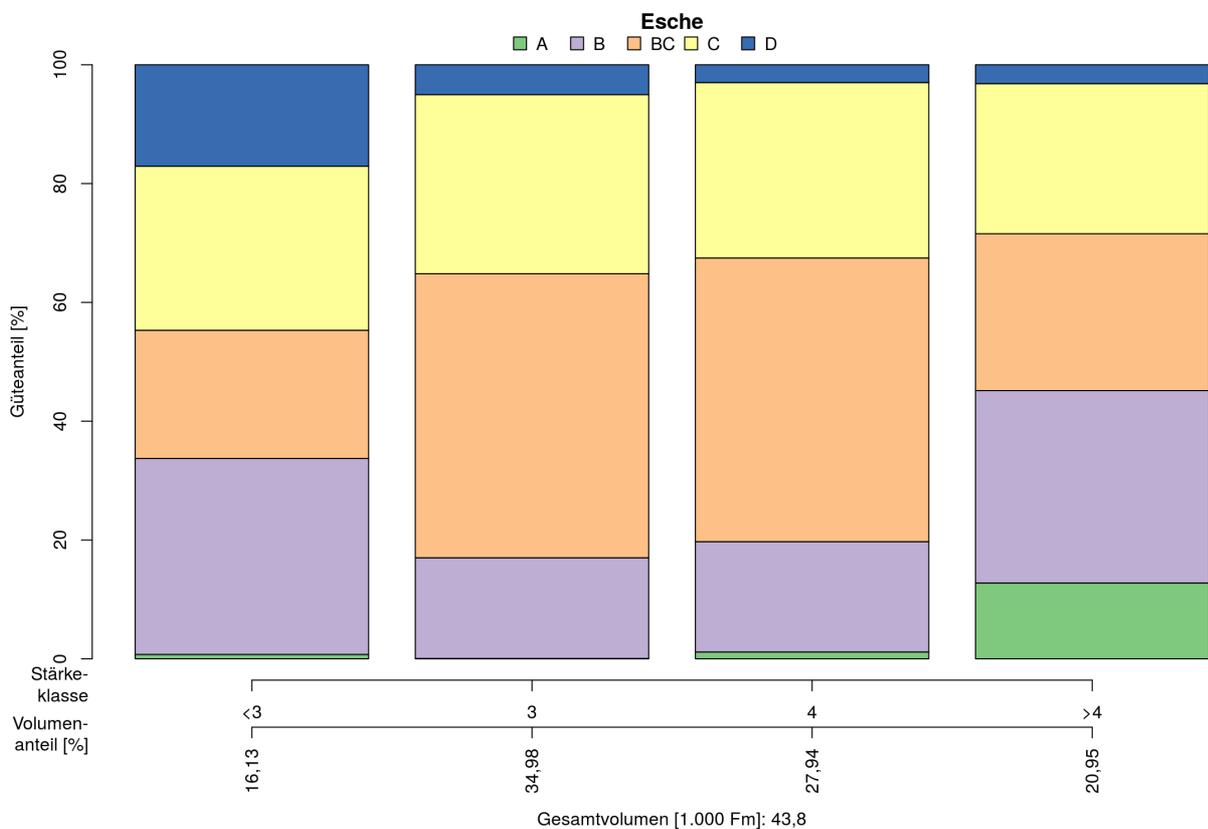


Abbildung 52: Güteanteile des Stammholzes und der Fixlängen getrennt nach Stärkeklasse für Esche (ohne fehlende Güte sowie fehlende Stärke).

II.3.3.7 Fichte

Bei der Fichte fällt auf, dass unabhängig von der Stärkeklasse der Anteil von Stammholz (durchschnittlich über alle Stärken 41,2 %) und Fixlängen (im Mittel 42,8 %) zusammen zwischen 75,8 und 91,4 % schwankt (siehe Abbildung 53). Die primäre energetische Nutzung spielt bei Fichte momentan in den ausgewerteten Ländern keine Rolle. Das Stammholz wird je nach Stärkeklasse zu 53,2 bis 70,3 % in die Mischqualität BC sortiert. Mit zunehmender Stärke steigen die Anteile von C- und D-Holz auf insgesamt 34,7 bis 36,1 % (Stärkeklassen > 3). Auch Fichtenholz mit B-Qualität ist im Mittel von rund 6 % zu finden. Fichtenstammholz mit A-Qualität hat keine Relevanz (in Stärkeklasse > 4 0,2 %) (siehe Abbildung 54).

II.3.3.8 Kiefer

Auch bei Kiefer ist ein hoher, mit der Stärke ansteigender Anteil an Stammholz von 60 auf 99 % zu erkennen (siehe Abbildung 55). Ebenso spielt bei dieser Baumart die primäre energetische Verwendung des Waldholzes keine Rolle. Erfreulicherweise beträgt der Anteil besserer Qualitäten (A- und B-Holz) in den höheren Stärkeklassen (> 3) zwischen etwas mehr als 10 und rund 24 % (siehe Abbildung 56). Einen sehr viel höheren Anteil allerdings nimmt Stammholz der Mischqualität BC über alle Stärkeklassen ein. Im Gegensatz dazu nimmt der Volumenanteil des C- und D-Holzes bei der Kiefer mit steigendem Mittendurchmesser von etwa 52 auf 4 % ab.

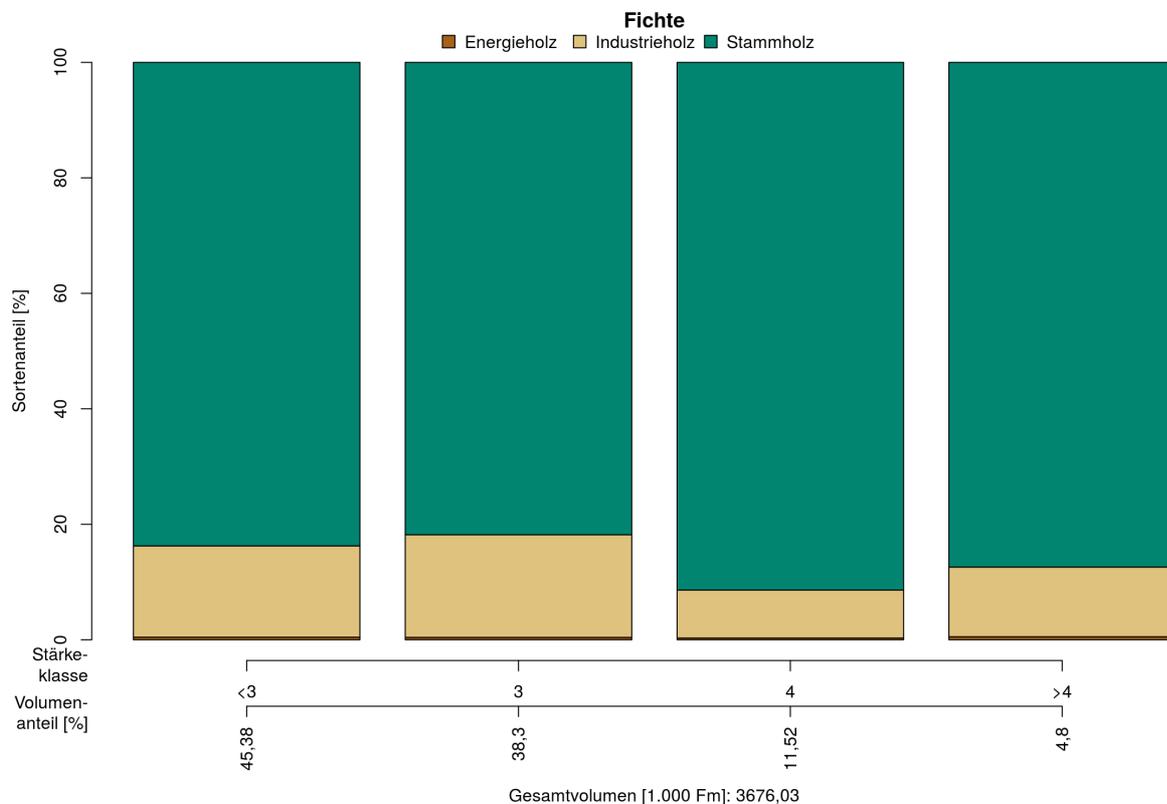
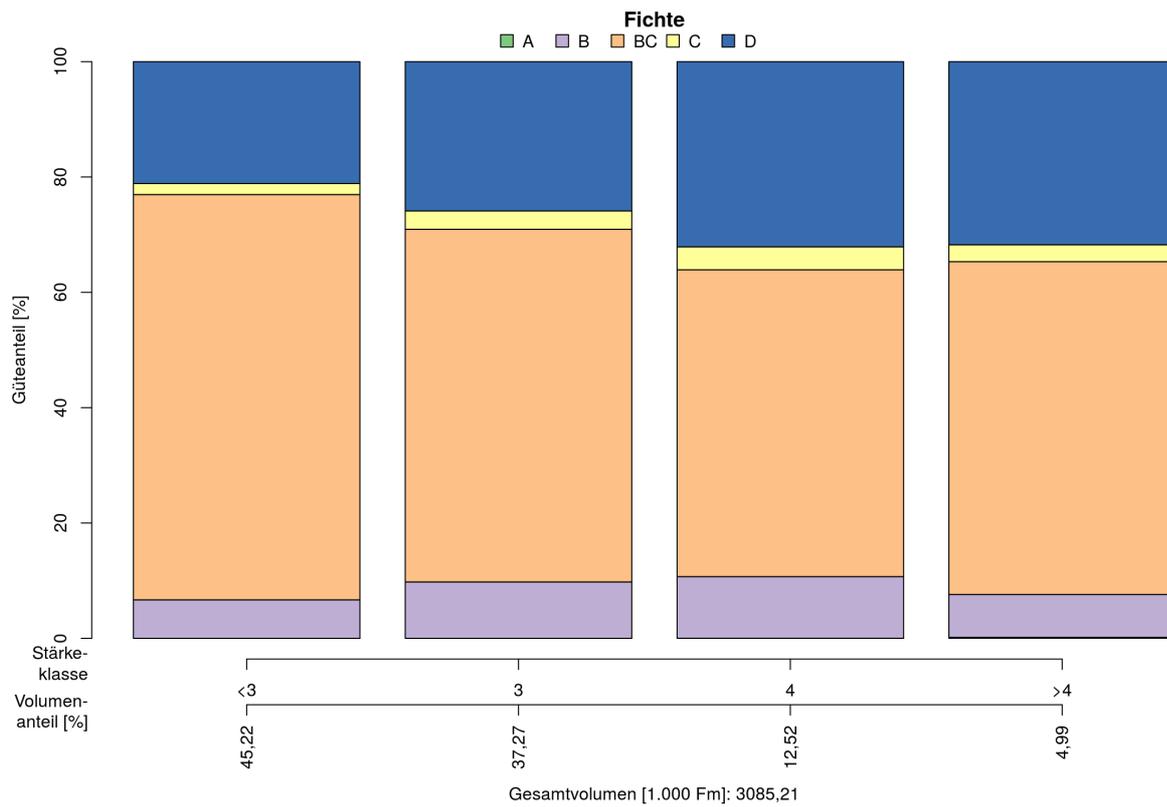


Abbildung 53: Sortenverteilung getrennt nach Stärkeklasse (ohne fehlende Stärke) für Fichte.



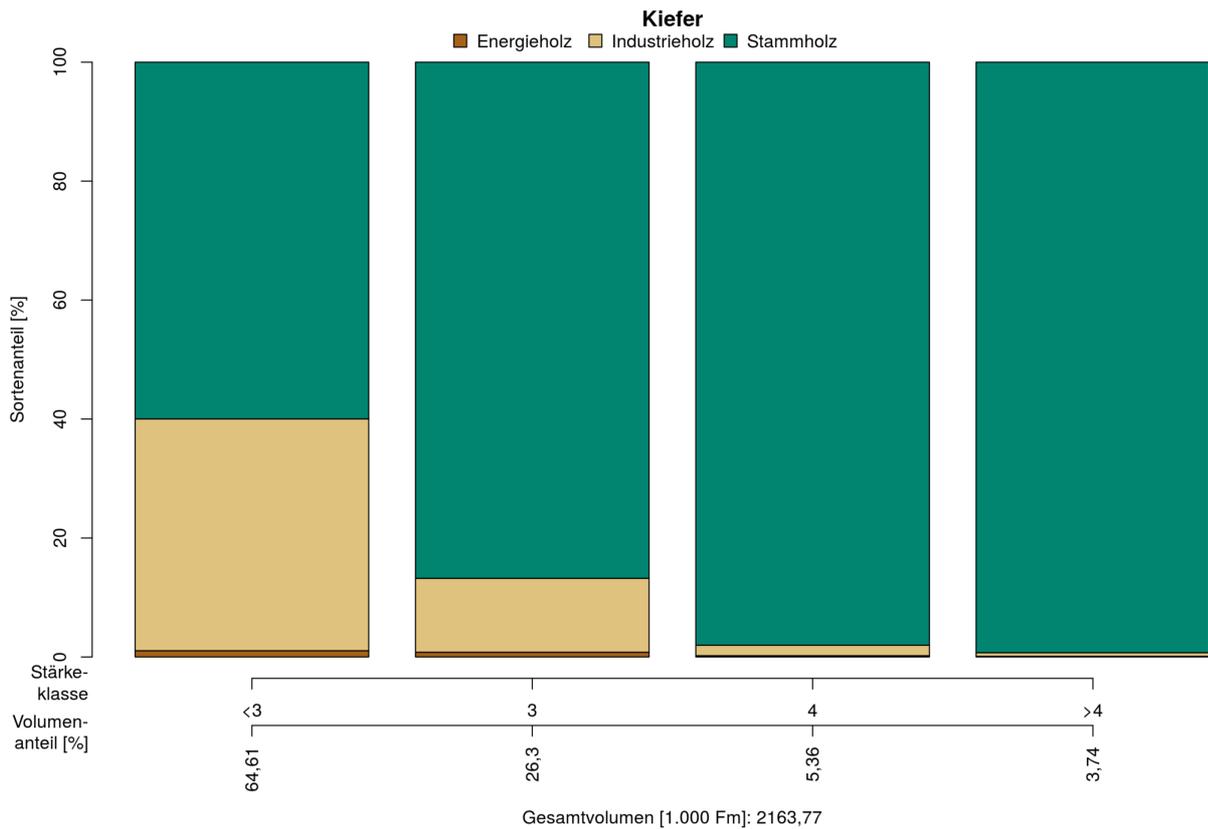


Abbildung 55: Sortenverteilung getrennt nach Stärkeklasse (ohne fehlende Stärke) für Kiefer

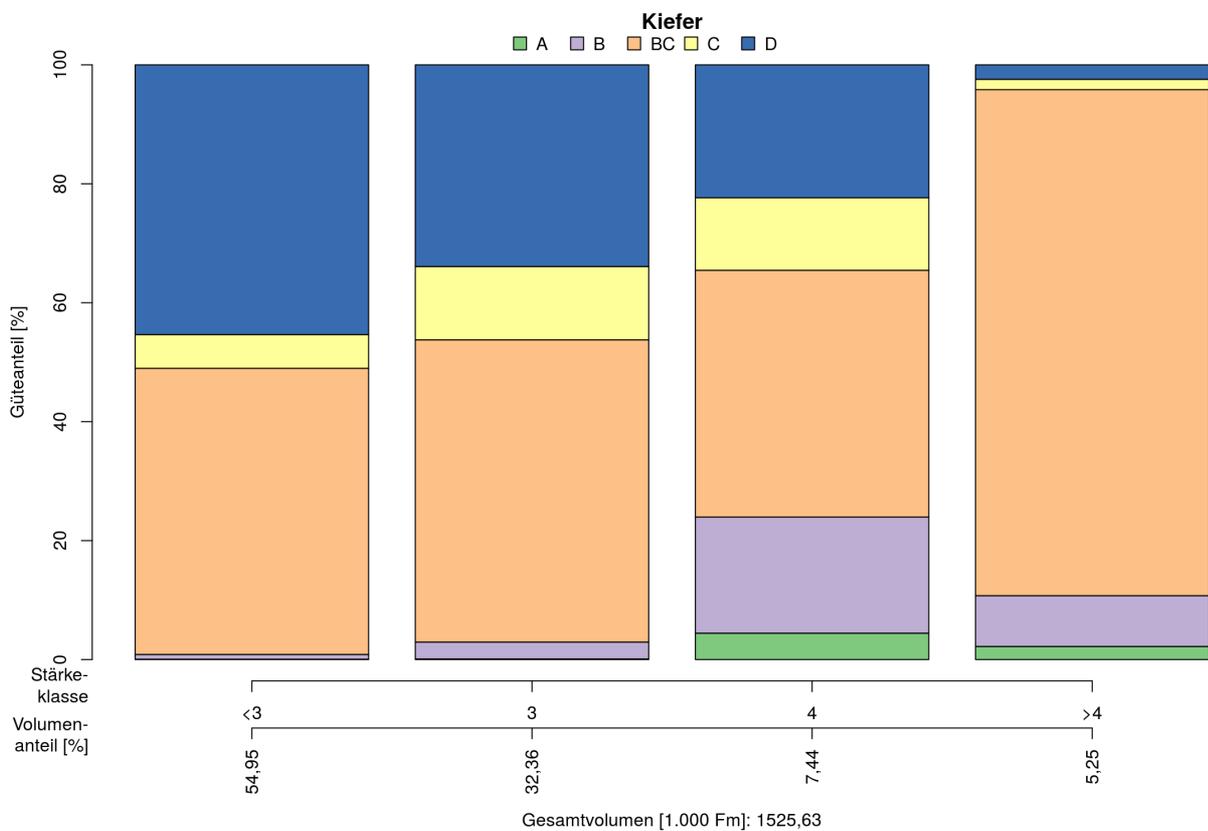


Abbildung 56: Güteanteile des Stammholzes und der Fixlängen getrennt nach Stärkeklasse für Kiefer (ohne fehlende Güte sowie fehlende Stärke).

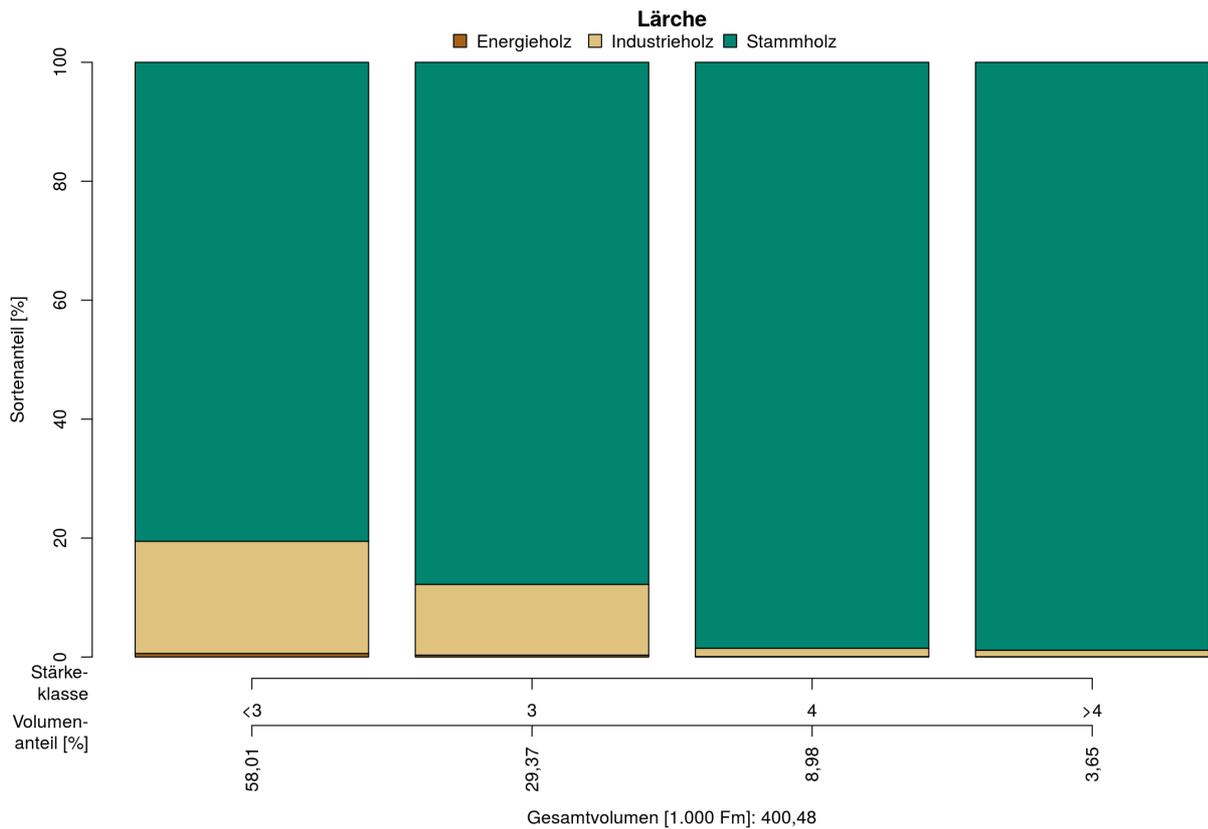


Abbildung 57: Sortenverteilung getrennt nach Stärkeklasse (ohne fehlende Stärke) für Lärche.

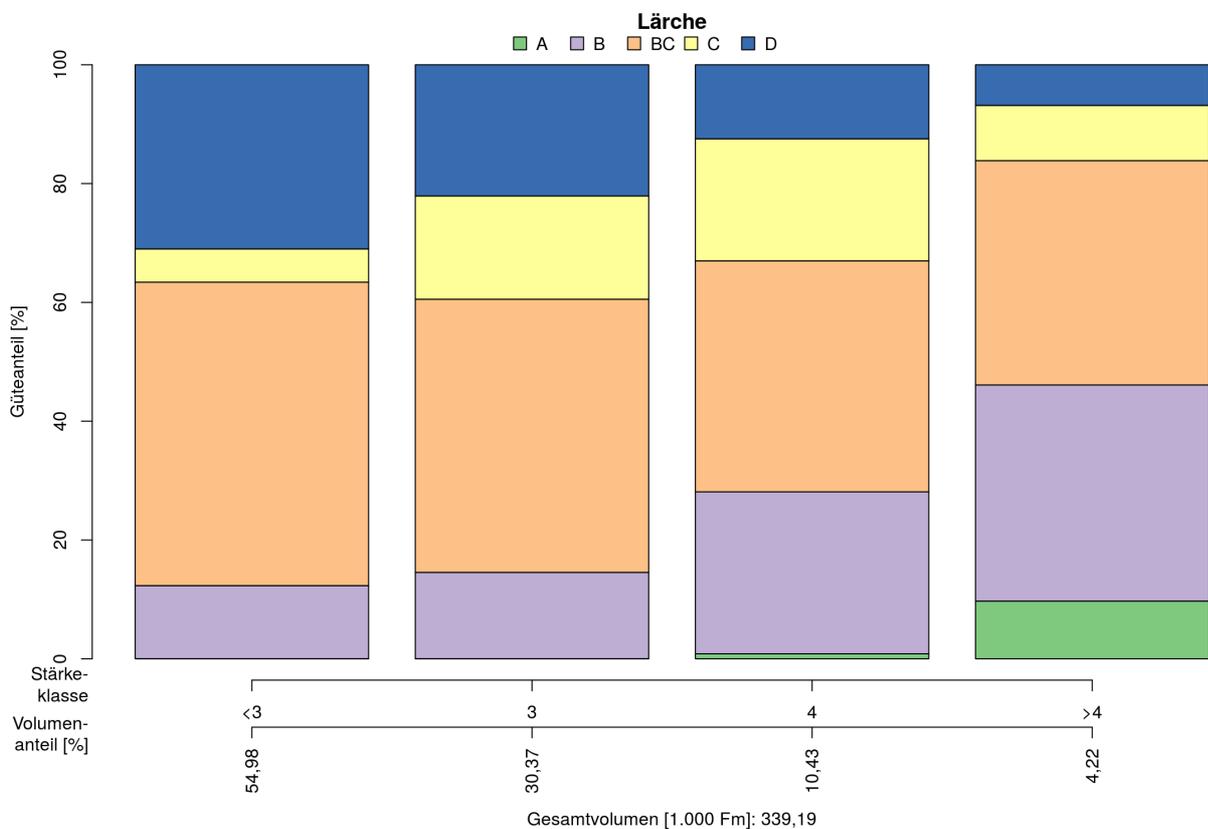


Abbildung 58: Güteanteile des Stammholzes und der Fixlängen getrennt nach Stärkeklasse für Lärche (ohne fehlende Güte sowie fehlende Stärke).

II.3.3.9 Lärche

Lärche wird wie die anderen Nadelhölzer auch meist als Stammholz oder Fixlänge ausgehalten (siehe Abbildung 57), Energie- und Industrieholz hat volumenmäßig nur in den unteren Stärkeklassen (< 4) höhere Anteile von 12 bis 19 %. Auch bei Lärche nimmt die energetische Holznutzung nur eine sehr untergeordnete Rolle ein. Durchschnittlich 44 % des Stammholzes inklusive der Fixlängen wird in die Mischqualität BC sortiert (siehe Abbildung 58). Der Anteil von BC nimmt mit zunehmender Stärke, zugunsten von A- und B-Holz (Stärken > 4 insgesamt 46 %), ab. Auch die Anteile der schlechteren Qualitäten C und D verringern sich mit ansteigendem Mittendurchmesser des Lärchenstammholzes von anfangs 37 auf 16 %.

II.4 Simulation und Prognose des Rohholzpotenzials

Mit der Prognose der forstlichen Nutzungsmöglichkeiten soll das potenzielle Rohholzaufkommen unter der Prämisse einer nachhaltigen Bewirtschaftung für die Länder Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt sowie Schleswig-Holstein und den Zeitraum von 2012 bis 2062 vorhergesagt werden. Die Prognose erfolgt als Simulation mit einem Softwaresystem, welches verschiedene Modellkomponenten zum Baumwachstum und zur forstlichen Nutzung beinhaltet. Die Simulation kann aber nicht sämtliche, für eine Holzmobilisierung entscheidende Kriterien abbilden, da dadurch der Komplexitätsgrad erheblich ansteigen würde. Nicht berücksichtigt werden wirtschaftliche Einflüsse (z. B. Preisentwicklung), forsttechnische Aspekte (z. B. Erschließung des Waldes), Qualitätsmerkmale der Bäume, Schadereignisse (z. B. Stürme) oder individuelle Eigentümerziele bezüglich der Nutzungsart oder Baumartenwahl. Außerdem können Neuwaldflächen in Folge von Sukzessionen oder Neuaufforstungen nicht abgebildet werden. Die Waldfläche bleibt folglich im Betrachtungszeitraum konstant (Wördehoff et al. 2017). Die Qualität des geernteten und sortierten Holzes wird durch die Verschneidung der sortierten Volumen und den ermittelten Qualitätsanteilen (siehe Kapitel II.3) weitergehend differenziert.

II.4.1 Datengrundlage

Die Schätzung der forstlichen Nutzungspotenziale basiert auf den Einzelbaumerhebungen der dritten Bundeswaldinventur (BWI 3) der jeweiligen Bundesländer. Bei der BWI handelt es sich um eine Stichprobeninventur mit permanent markierten Probepunkten. Sie besitzt ein einstufiges Clusterdesign mit dem Trakt als primärer Stichprobeneinheit, welcher vier Unterstichproben (sog. Traktecken) besitzt. Die Bäume ab einem Brusthöhendurchmesser (BHD) von 7 cm werden an jeder im Wald liegenden Traktecke mittels einer Winkelzählprobe mit dem Zählerfaktor 4 erhoben und deren Durchmesser bestimmt. Bäume unterhalb der Derbholzgrenze werden in zwei Probekreisen mit Radien von 1 und 2 m erfasst. Im Wald liegende Traktecken teilen sich auf die folgenden Kategorien auf:

- bestockter Holzboden,
- Blößen,
- Nichtholzboden.

Aufnahmen des Gehölzbestandes liegen nur für die begehbaren Traktecken des bestockten Holzbodens vor. Für die Simulationen und die daraus abgeleiteten Potenziale wurden die bei der BWI ermittelten Nutzungseinschränkungen berücksichtigt (Wördehoff et al. 2017).

Von den Traktecken ohne Nutzungseinschränkung liegt ein Teil in FFH- oder Naturschutzgebieten (1.905 Traktecken, siehe Tabelle 11). Für diese gelten z. T. andere waldbauliche Vorgaben, die in der Waldbauregeldatenbank bzw. in den Einstellungen zur waldbaulichen Behandlung niedergelegt sind.

Tabelle 11: Anzahl der Traktecken in Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein in den verschiedenen Kategorien

Kategorie	Anzahl der Traktecken
Traktecken im Wald	13.288
davon bestockter Holzboden mit Einzelbaumdaten, begehbar	12.429
davon ohne Nutzungseinschränkung	11.805
davon in FFH- oder Naturschutzgebieten liegend	1.905

II.4.2 Prognosewerkzeug WaldPlaner

Für die Simulation wurde das Softwaresystem WaldPlaner eingesetzt (Hansen und Nagel 2014). Es basiert auf dem Einzelbaumwuchsmodell BWINPro (Nagel et al. 2006) und wurde zur Simulation und Auswertung einer großen Anzahl von einzelnen Beständen weiterentwickelt. Das Programm unterstützt das Generieren virtueller Modellbestände aus Forsteinrichtungsdaten oder Einzelbauminventuren und die Datenhaltung in einer beliebigen Datenbank. Die virtuellen Bestände werden einzelbaumweise aufgebaut und deren Entwicklung simuliert. Das Simulationssystem besteht aus mehreren Komponenten:

- Datenbankschnittstelle,
- Datenergänzung,
- Einzelbaumwachstumssimulator,
- Sortierroutine,
- Szenariomanager,
- Auswertungstool.

Mit dem WaldPlaner kann das Wachstum unterschiedlich strukturierter Bestände unter Berücksichtigung waldbaulicher Maßnahmen abgebildet werden. Im Zuge der Generierung von Modellbeständen aus den vorliegenden Rohdaten sowie der Simulation der Bestandesentwicklung werden automatisch diverse Einzelbaum- und Bestandesparameter berechnet und ausgegeben. Im Verlauf der Simulation der Bestandesentwicklung können neben dem Einzelbaumzuwachs auch Prozesse wie Mortalität und Einwuchs sowie eine Vielzahl waldbaulicher Handlungsalternativen (Durchforstungsarten und -stärken, Z-Baumauswahl, Endnutzungsvarianten, Pflanzung u. a.) abgebildet werden (siehe Abbildung 59). In der vorliegenden Untersuchung wurden aus den erhobenen Einzelbaumdaten an den Traktecken der BWI 3 Modellbestände mit 0,1 ha Größe generiert.

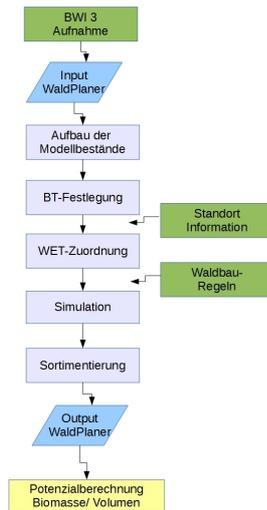


Abbildung 59: Ablaufschema von der Datenerhebung der Bundeswaldinventur zum Potenzial des Holzaufkommens (BT = Bestandestyp, WET = Waldentwicklungstyp)

II.4.3 Waldbauliche Steuerung

II.4.3.1 Allgemeines

Zur Prognose des Rohholzaufkommens für den Zeitraum von 2012 bis 2062 wurde ungeachtet der Waldbesitzart und Größe der Forstbetriebe die Variante „naturnaher Waldbau“ simuliert. Diese Variante setzt weitgehend die aktuellen Vorgaben der Waldbaurichtlinien (HF 2016, ML 2013, MULE 2014, SHLF 2011) der Trägerländer der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt um und misst der Laub- und Mischwaldvermehrung eine besondere Bedeutung bei. Traktecken in Schutzgebieten und Naturwäldern mit totalem Nutzungsverzicht wurden ohne forstliche Eingriffe simuliert. Naturschutzfachliche Auflagen in Naturschutz- und FFH-Gebieten wurden durch eine Modifikation der Waldbauregeln berücksichtigt. Das Regelset für die waldbauliche Behandlung umfasst Vorgaben für die folgenden waldbaulichen Maßnahmen:

- Standörtliche Zuordnung der Waldentwicklungstypen,
- Pflege der Bestände,
- Zuordnung der Zielstärken nach Standortstypen und Hauptbaumarten,
- Verjüngungsgang unter Berücksichtigung der Baumartengruppe des Vor- und Zielbestandes.

II.4.3.2 Standörtliche Zuordnung der Waldentwicklungstypen

Die Festlegung der an den jeweiligen Traktecken standortgerechten Waldentwicklungstypen (WET) wurde auf Basis der aus der Standortkartierung vorliegenden Wasserhaushalts- und Nährstoffziffern vorgenommen. Es wurde nach vor- und nachrangigen WET unterschieden. Durch den Vergleich der Baumartenzusammensetzungen der vorhandenen Bestandestypen (BT) an den Traktecken mit den lokal jeweils möglichen WET wurde der am besten passende WET ermittelt. In Hessen konnte dieses Vorgehen nur vereinfacht umgesetzt werden, da keine Standortinformationen vorlagen. Der

Ausgangsbestockung wurde bei der Auswahl der jeweils standortgerechten WET für die Walderneuerung eine große Bedeutung beigemessen, weil in der forstlichen Praxis Naturverjüngungen aus ökologischen und ökonomischen Gründen allgemein bevorzugt werden. Eine Ausnahme wurde bei den im Norddeutschen Tiefland aus forstgeschichtlichen Gründen großflächig vertretenen Kiefernwäldern gemacht. Sie stocken teilweise auf besser wasser- und nährstoffversorgten Standorten, auf denen sie weder das Standortpotenzial ausnutzen, noch sich ohne intensive Bodenbearbeitung natürlich verjüngen lassen. Bei der Auswahl der standortgerechten WET wurde daher eine Zufallsauswahl unter allen vorrangigen standortgerechten Waldtypen vorgenommen, um den notwendigen Waldumbau in den Simulationen zu berücksichtigen und den Schwerpunkt des künftigen Kiefernanbaus auf die schwächer wasser- und nährstoffversorgten Standorte zu konzentrieren.

II.4.3.3 Waldbauliche Behandlung der Bestände

Die Pflege und Nutzung der Bestände wurde in der Simulation über eingriffsspezifische und naturschutzorientierte Parameter gesteuert. Als Durchforstungsart wurde die Hochdurchforstung zugunsten einer begrenzten Anzahl an Z-Bäumen gewählt und der Durchforstungsturnus auf zwei Eingriffe im Jahrzehnt festgelegt. Für Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein wurden bei Kiefer 180, Fichte, Tanne und Küstentanne 200, Lärche und Douglasie 120, Eiche, Edellaubbäumen und Weichlaubhölzern 80 sowie Buche und Linde 100 Z-Bäume/ha unterstellt. Das Eingriffsvolumen wurde für Durchforstungen auf minimal 10 m³/ha in Beständen mit führender Eiche und sonst auf 20 m³/ha festgesetzt bzw. auf maximal 60 m³/ha in Beständen mit führender Eiche, auf 100 m³/ha in Douglasien- und Küstentannenbeständen sowie auf 80 m³/ha in allen übrigen Beständen begrenzt. Von der Option, allein zugunsten der Z-Bäume einzugreifen ohne auch die Zwischenfelder zu pflegen, wurde bei Bestandestypen mit generell extensiver bzw. fakultativer Nutzung Gebrauch gemacht (Eiche/Birke, Eiche/Kiefer, Birke, Kiefer/Eiche, Kiefer/Birke auf schwachen Standorten).

Zur Endnutzung der Bestände wurden die Hiebsformen Zielstärkennutzung und Schirmschlag simuliert. Die Vorgaben für die Zielstärken wurden aus den Waldbaurichtlinien übernommen und für FFH-Gebiete generell um 5 cm erhöht. Die simulierten Zielstärkennutzungen beschränkten sich nicht allein auf die Entnahme zielstarker Bäume, da der Unter- und Zwischenstand dieses Produktionsziel nicht oder nicht in angemessenen Zeiträumen erreichen kann. Sobald in einem Bestand 30 % der Grundfläche auf zielstarke Bäume entfielen, wurde von dieser 50 % in zufälliger Auswahl genutzt. Die übrigen 50 % wurden vom schwachen Ende her kommend genutzt. Die minimalen Endnutzungsmassen pro Eingriff wurden für alle Baumarten auf 20 m³/ha festgelegt, die maximalen auf 100 m³/ha. Bei den Baumarten Douglasie und Küstentanne beträgt die maximale Entnahmemenge 150 m³/ha und beim Bestandestyp Buche-Douglasie 120 m³/ha.

Die Pflanzung von Baumarten in Endnutzungsbeständen wurde an den Kronenschlussgrad der Altbestände gekoppelt, soweit bei den Ausgangsbeständen keine bzw. keine ausreichende Naturverjüngung vorhanden war. Der jeweils als geeignet unterstellte Kronenschlussgrad variiert je nach der Transmission des Altholzschirmes und der Schattenertragnis der Verjüngung. Ein ggf.

vorhandener Unterstand aus Schattbaumarten wurde vor der Verjüngung von Licht- und Halbschattbaumarten entfernt.

Tabelle 12: Waldbauliche Vorgaben für die Behandlungsgruppen in Hessen.

Behandlungsgruppe	Änderung der Zielstärke	nur Z-Bäume freistellen	Mindestüberschirmung [B°]
Standard	± 0 cm	nein	-
Standard-extensiv	± 0 cm	ja	-
FFH	+ 5 cm	nein	0,3
FFH-extensiv	+ 5 cm	ja	0,3

Tabelle 13: Waldbauliche Vorgaben für die Szenariosimulation in Hessen.

Baumartengruppe	Z-Bäume [N/ha]	Zielstärke [cm]	Durchforstungsvolumen [m³/ha]	Endnutzungsvolumen [m³/ha]
Eiche	100	70	10-60	20-100
Buche	70	60	20-70	
ALh	70	55		
ALn	70	40		
Fichte	200	45		
Kiefer	120	45		
Lärche	100	60		
Douglasie	90	70		20-150

Naturschutzfachliche Aspekte wurden zum einen durch den Erhalt von Habitatbäumen, den Schutz seltener Baumarten und den Erhalt von Mindestüberschirmungen von 0,3° in Naturschutz- und FFH-Gebieten berücksichtigt. Die Anzahl der Habitatbäume wurde auf drei pro Hektar festgelegt, wobei die Auswahl in Naturschutz- und FFH-Gebieten auf Laubbaumarten beschränkt wurde, es sei denn, der Nadelbaumanteil des Grundbestandes lag über 70 %. Grundsätzlich wurden sehr starke Bäume von Nutzungen ausgeschlossen. Bei Eiche wurden diesbezüglich 160 cm, bei Buche, Lärche, Bergahorn, Esche, Ulme, Elsbeere 130 cm, bei Fichte, Kiefer, Linde 120 cm sowie bei Kirsche, Birke, Erle, Eberesche, Aspe und Weide 80 cm unterstellt. Für eingeführte Baumarten gab es keinen Grenzdurchmesser.

Diese genannten Vorgaben stimmen zum Großteil mit denen für die Simulation der Traktecken in Hessen überein. Hier wurden 4 Behandlungsgruppen (siehe Tabelle 12) gebildet, die zur Steuerung der Waldentwicklung dienen, da für Hessen zum Zeitpunkt der Simulation keine flächendeckenden Standortinformationen vorlagen. Die größte Differenz im Vergleich zu den anderen Ländern besteht bei den Z-Baumzahlen (siehe Tabelle 13). Der Grenzdurchmesser schützenswerter Bäume betrug 130 cm.

II.4.3.4 Sortierungsvorgaben

Die im Zuge der Szenariorechnungen ausscheidenden Bäume wurden in einzelne Sortimente zerlegt. Diese definieren sich hauptsächlich durch Vorgaben zum Mittendurchmesser, dem Zopf und der Länge. Es wurden 6 verschiedene Varianten entwickelt, die unterschiedlichste Vorgaben enthalten. Bei allen Varianten und Baumarten wurde das Sortiment Stubben mit einer Stockhöhe von 30 cm und das Sortiment X-Holz ausgehalten. Diese Sortimente verbleiben im Bestand, dienen dem Totholzaufbau und stehen somit für eine weitere Verwendung nicht zur Verfügung. Daher ist das sortierte Volumen geringer als das durch Nutzungen entnommene Volumen. Darüber hinaus wird das Nadelholz bei den Varianten 2 bis 6 nach den gleichen Richtwerten möglichst in Fixlängen oder als kurzes Energie- und Industrieholz ausgehalten (siehe Tabelle 14), wobei Nadelstammholz 10 bis 18 m lang sein soll und die Fixlänge 5 m beträgt. Die Zugabe beim Nadelstammholz beträgt 1 % der Länge, beim Laubstammholz sowie den Fixlängen jeweils 10 cm. Bei der Sortierung des Laubholzes wurde die zusätzlich Beschränkung eingeführt, dass das Stammholz nur bis zum Kronenansatz ausgehalten wurde.

Variante 1 ist einfach gehalten und unterscheidet bei allen Arten nur zwischen Stubben sowie Nutz- und X-Holz (siehe Tabelle 14). Dabei muss das Nutzholz mindestens 1 m lang sein und der Zopf bzw. Mittendurchmesser mindestens 7 bzw. 10 cm betragen. Darüber hinaus gibt es bei dieser Variante keine weitere Einschränkung. Bei den restlichen Varianten wird zwischen den Sortimenten Stammholz, Fixlängen sowie Energie- und Industrieholz kurz bzw. lang unterschieden. Diese Sortimente werden für die Baumarten/-gruppen Eiche, Buche, ALh und Hainbuche sowie ALn ausgehalten. Das Stammholz ist zwischen 6 und 10 m lang, die Fixlängen 5 m bei Eiche und Buche sowie zwischen 3 und 6 m bei ALh und Hainbuche. Das kurze Energie- und Industrieholz hat eine Länge von 1 bis 3 m, das lange reicht von 3 bis 6 m. Variante 2 orientiert sich an den Sortierungsvorgaben der 2. Cluster- und Kohlenstoffstudie Forst und Holz Niedersachsen (Wördehoff et al. 2017) und der in der Analyse der Einschlagsdaten der Trägerländer der NW-FVA festgestellten Sortimentsverteilung. So wurde beispielsweise bei Eiche mehr kurzes als langes Energie- und Industrieholz oder bei der Buche mehr Stammholz als Fixlängen ausgehalten. Dieses Sortierverhalten wird näherungsweise über die Priorität des definierten Sortiments in der Sortieroutine gesteuert. Die Priorität gibt an, welches Sortiment im hierarchisch aufgebauten System vorzugsweise an einem Stamm ausgehalten werden soll. So hat beispielsweise der Stubben die höchste Priorität (d. h. dieser wird immer ausgehalten), X-Holz die geringste. Variante 3 hat andere Durchmesserangaben bei Eiche und Buche als Variante 2. Bei Variante 4 wird das Laubholz, im Unterschied zu Variante 2, möglichst lang ausgehalten. In Variante 5 wurde die Beschränkung für das Energie- und Industrieholz durch den maximalen Mittendurchmesser

aufgehoben. Und Variante 6 basiert auf Variante 2, wobei der maximale Mittendurchmesser bei allen Sorten sowie bei Laub- und Nadelholz nicht beschränkt wurde.

Tabelle 14: Übersicht über die Sortierungsvorgaben getrennt nach Varianten (Sorte: ST = Stammholz, FL = Fixlängen, EIL bzw. EIS = Energie- und Industrieholz lang bzw. kurz).

Variante	Art	Sorte	Mittendurchmesser [cm]		Zopf [cm]	Länge [m]		Priorität
			min	max	min	min	max	
alle	alle	Stubben	7		7	0,3	0,3	6
		X-Holz	7		7	0,1		1
1	alle	Nutzholz	10		7	1		5
2 (6)	EI	ST	40	130	40	6	10	4
		FL	35	130	35	5	5	2
		EIL	10	60	7	3	6	3
		EIS	10	60	7	1	3	5
	BU	ST	40	100	40	6	10	5
		FL	22	100	22	5	5	2
		EIL	19	60	10	3	6	4
		EIS	10	60	7	1	3	3
	ALh & HBU	ST	40	100	40	6	10	4
		FL	35	100	35	3	6	3
		EIL	10	60	7	3	6	2
		EIS	10	60	7	1	3	5
	ALn	ST	30	100	30	6	10	3
		EIS	10	60	7	1	3	5
3	EI	ST	60	110	60	6	10	4
		FL	40	110	40	5	5	2
		EIL	20	80	10	3	6	3
		EIS	20	40	10	1	3	5
	BU	ST	40	120	40	6	10	5
		FL	40	120	40	5	5	2
		EIL	20	70	10	3	6	4
		EIS	20	60	10	1	3	3
	ALh & HBU	ST	40	100	40	6	10	4
		FL	35	100	35	3	6	3
		EIL	20	60	10	3	6	2
		EIS	10	50	10	1	3	5
	ALn	ST	30	100	30	6	10	3
		EIS	10	60	7	1	3	5
4	EI	ST	40	130	40	6	10	5
		FL	35	130	35	5	5	2
		EIL	10	60	7	3	6	4
		EIS	10	60	7	1	3	3
	BU	ST	40	100	40	6	10	5
		FL	22	100	22	5	5	2
		EIL	19	60	10	3	6	4
		EIS	10	60	7	1	3	3
	ALh & HBU	ST	40	100	40	6	10	5
		FL	35	100	35	3	6	3
		EIL	10	60	7	3	6	4
		EIS	10	60	7	1	3	2
	ALn	ST	30	100	30	6	10	5
		EIS	10	60	7	1	3	3
5	EI	ST	40	130	40	6	10	4
		FL	35	130	35	5	5	2
		EIL	10		7	3	6	3
		EIS	10		7	1	3	5
	BU	ST	40	100	40	6	10	5
		FL	22	100	22	5	5	2
		EIL	19		10	3	6	4
		EIS	10		7	1	3	3
	ALh & HBU	ST	40	100	40	6	10	4
		FL	35	100	35	3	6	3
		EIL	10		7	3	6	2
		EIS	10		7	1	3	5
	ALn	ST	30	100	30	6	10	3
		EIS	10		7	1	3	5
2 – 5 (6)	NH	ST	20	60	18	10	18	3
		FL	13	60	10	4	5	5
		EIL	8	60	7	3	6	2
		EIS	8	60	7	1	3	4

II.4.4 Ergebnisse

II.4.4.1 Holzvorratsentwicklung

Der Derbholzvorrat des verbleibenden Bestandes im gesamten Projektgebiet betrug im Jahr 2012 rund 829 Mio. m³ (siehe Abbildung 60). Bezogen auf den begehbaren bestockten Holzboden (2,65 Mio. ha) der vier untersuchten Bundesländer entspricht dies einem Durchschnittsvorrat von ca. 313 m³/ha. Verglichen mit dem Bundesdurchschnitt von 333 m³/ha weist das Untersuchungsgebiet eine geringere Vorratshaltung auf. Dies ist im Zusammenhang mit der standörtlichen Ausstattung und der Geschichte der Wälder zu sehen. Im Tiefland sind meist schwächer nährstoff- und wasserversorgte Standorte als beispielsweise im süddeutschen Raum zu finden. Auch der Altersklassenaufbau spielt eine wichtige Rolle. So ist beispielsweise in Niedersachsen infolge von Aufforstungen nach dem 2. Weltkrieg sowie der Orkan- und Waldbrandereignisse der 1970er-Jahre ein Überhang an unter 60-jährigen Waldbeständen mit geringer Vorratsausstattung zu finden. Auch Hessen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein waren von Reparationshieben betroffen. Die waldbaulichen Möglichkeiten werden auch in den nordwestlichen Küstenbereichen von Schleswig-Holstein aufgrund hoher Windgeschwindigkeiten, Niederschläge und Salzeinträge stark eingeschränkt. Zu Beginn der Simulation im Jahr 2012 entfielen jeweils 50 % des Gesamtvorrates auf Laub- respektive Nadelholz. Den größten Anteil am Gesamtvorrat zu diesem Zeitpunkt hatten die Baumartengruppen Buche (24 %) sowie Fichte und Kiefer (jeweils 22 %). Die restlichen Anteile verteilten sich auf Eiche (14 %), andere Laubbäume mit kurzer (ALn) bzw. hoher (ALh) Umtriebszeit (ALn 7 %, ALh 5 %) und Lärche (4 %). Die Douglasie trug lediglich mit 2 % zum Gesamtvorrat bei.

Bis 2062 steigt der Derbholzvorrat mit Schwankungen auf etwa 891 Mio. m³ (rd. 336 m³/ha) an. Dabei verringern sich die Baumartenanteile, insbesondere von Fichte und Kiefer auf 14 bzw. 13 % zugunsten der anderen Baumartengruppen. Der Eichenanteil verändert sich kaum, wohingegen sich bei Buche und ALh ein Zugewinn von jeweils + 4 % ergibt. Bei Lärche und ALn steigt der Anteil um + 2 % auf 6 bzw. 9 %. Die stärkste Zunahme ist beim Anteil der Douglasie am Gesamtvorrat von 2 % auf etwa 7 % zu finden (siehe Tabellen 41 und 42 im Anhang).

Die programmatisch festgelegte Laub- und Mischwaldvermehrung des naturnahen Behandlungskonzeptes führt also zu einem Anstieg des Laubholzanteils im Untersuchungsgebiet von 50 % in 2012 auf etwa 60 % bis 2062. Diese Entwicklung lässt sich auch anhand der Vorratsentwicklung getrennt nach Durchmesserstufen ablesen (siehe Abbildung 61). Beim Laubholz ist zu erkennen, dass die Vorräte im unteren Durchmesserbereich (7 bis 30 cm) im Jahr 2062 im Vergleich zu 2012 stark angestiegen sind. Hingegen findet beim Nadelholz eine massive Abnahme im unteren und mittleren Durchmesserbereich (7 bis 50 cm) statt. Sowohl beim Laub- wie auch beim Nadelholz nimmt der Vorrat im Baum-Starkholz (Brusthöhendurchmesser (BHD) ab 50 cm) zu. Beim Nadelholz steigt der Vorrat im Starkholzbereich von rund 51 Mio. m³ im Jahr 2012 auf 101 Mio. m³ im Jahr 2062. Im darunterliegenden Durchmesserbereich sinkt der Vorrat von 364 auf 250 Mio. m³. Beim Laubholz steigt der Vorrat im Starkholzsegment von 147 Mio. m³ auf 227 Mio. m³ und im Bereich unterhalb von 50 cm BHD, ganz im Gegensatz zur Entwicklung beim Nadelholz, von 267 auf 313 Mio. m³ an. Dieser Vorratsanstieg weist auf nicht genutzte Potenziale beispielsweise in Schutzgebieten und die Umsetzung der Habitatbaumkonzepte im Wirtschaftswald

hin. In den Simulationsrechnungen konnten allerdings Risiken nicht beachtet werden, sodass eine gewisse Unsicherheit hinsichtlich der Vorratsentwicklung besteht.

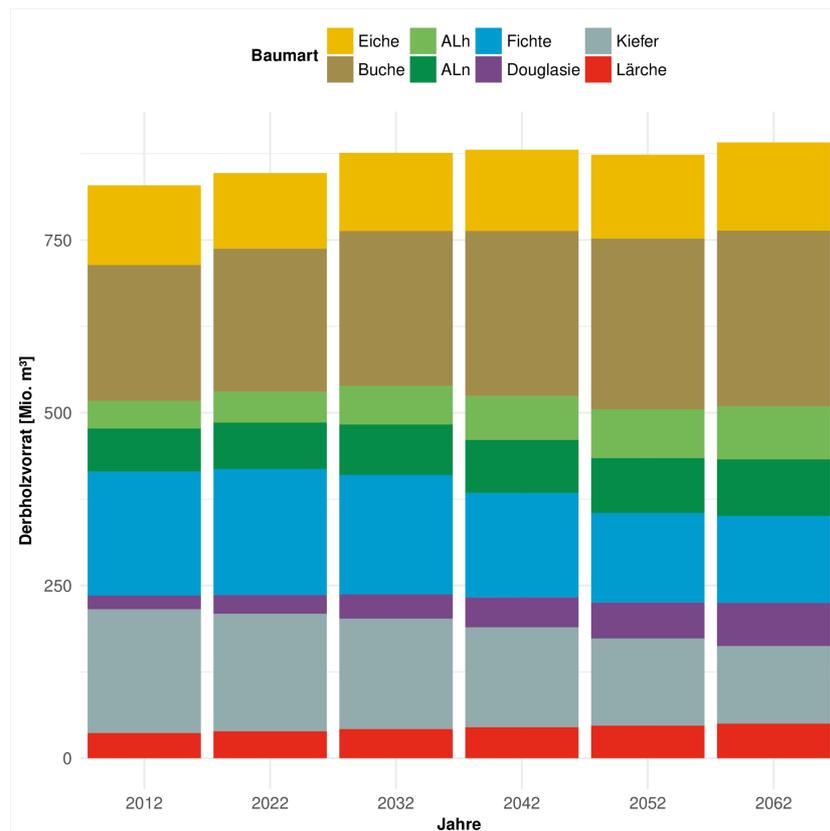


Abbildung 60: Entwicklung der Derbholzvorräte im Projektgebiet von 2012 bis 2062 bei naturnaher Behandlung getrennt nach Baumartengruppen.

II.4.4.2 Zuwachs und Nutzung

Neben der Vorratsentwicklung stellen Zuwachs und Nutzung zwei weitere wichtige forstliche Kenngrößen dar. Anhand dieser Indikatoren können u. a. die Leistungsfähigkeit der Waldstandorte und die Vorratsnachhaltigkeit von Nutzungsstrategien überprüft werden. Da im Rahmen der Simulation von vereinfachten Rahmenbedingungen ausgegangen wird und das Nutzungsmodell nicht alle realen Restriktionen berücksichtigt, sind die prognostizierten Holzmassen als theoretische Nutzungspotenziale zu verstehen.

Zwischen der zweiten und dritten Bundeswaldinventur lag der Zuwachs im Projektgebiet bei rund 28 Mio. m³ pro Jahr und die jährliche gesamte Nutzung betrug etwa 18,7 Mio. m³. Dies entspricht einem Nutzungsanteil am Zuwachs von rund 67 %. Über alle Baumarten hinweg ergeben die Simulationen im Zeitraum von 2012 bis 2022 einen jährlichen Zuwachs von etwa 26 Mio. m³ (siehe Abbildung 62). Die Nutzung im gleichen Zeitraum ist mit rund 22 Mio. m³ etwas geringer. Zuwachs und Nutzung verringern sich über den gesamten Betrachtungszeitraum immer weiter, wobei der Nutzungsgrad je nach Dekade zwischen 82 und 96 % schwankt. In der Dekade 2052 bis 2062 wird ein Zuwachs von 21,5 Mio. m³ und eine Nutzung von 18,1 Mio. m³ vorhergesagt. Die Simulation prognostiziert einen abnehmenden und gleichzeitig geringeren durchschnittlichen Zuwachs aber höhere mittlere Nutzungsmassen als die Nutzungsanalyse zwischen BWI 2 und 3 (siehe

Kapitel II.1) ergeben hat. Insgesamt werden durch die simulierte Behandlungsweise von 2012 bis 2062 etwa 1 Mrd. m³ entnommen. Die Zuwachsabnahme kann durch den unausgeglichene Altersklassenaufbau zu Beginn der Simulationen und die verstärkte Nutzung der zuwachsstarken Nadelbaumarten Fichte und Kiefer erklärt werden (siehe Abbildung 63). Bei den anderen Baumartengruppen liegt das Nutzungsvolumen unterhalb des Zuwachses. So kommt es zu dem schon beschriebenen Vorratsaufbau.

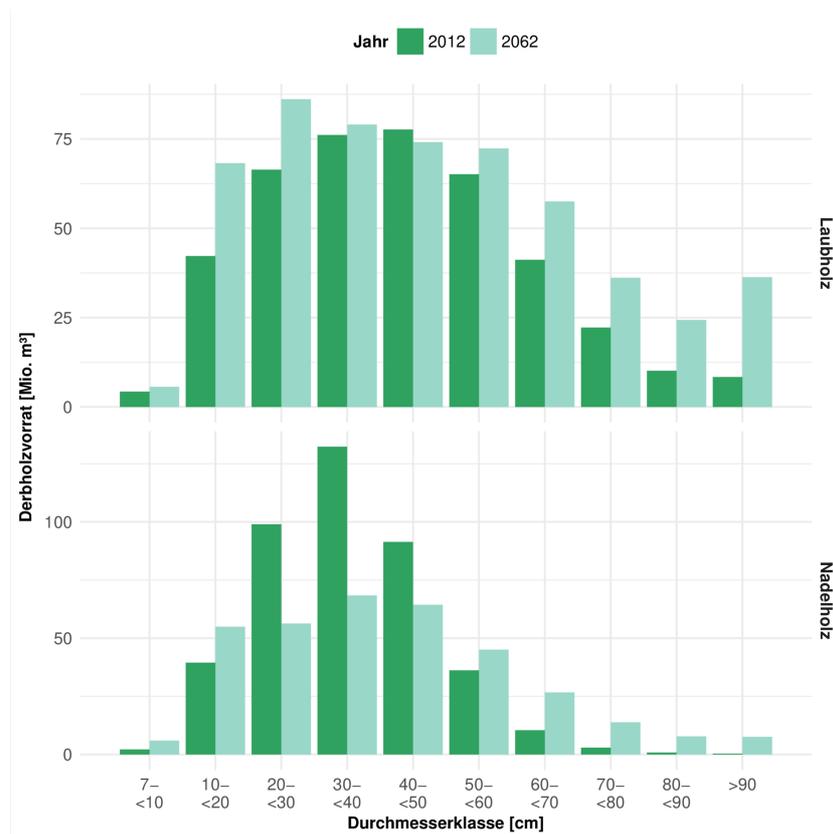


Abbildung 61: Derbholzvorrat nach Durchmesserklassen im Projektgebiet in den Jahren 2012 und 2062 bei naturnaher Behandlung getrennt nach Laub- und Nadelholz.

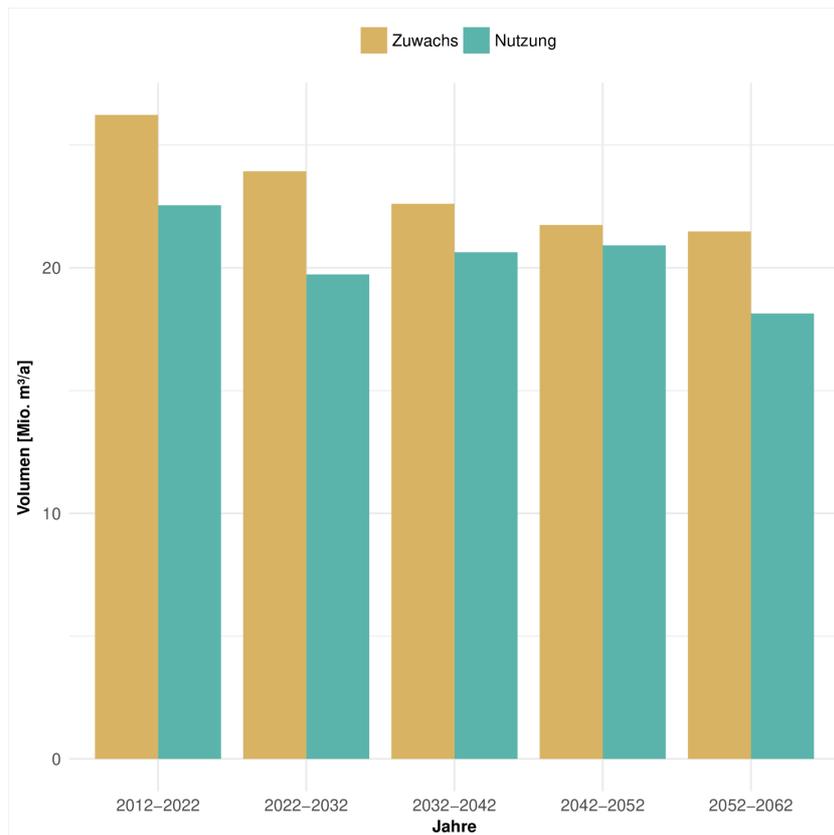


Abbildung 62: Entwicklung von Zuwachs und Nutzung im Projektgebiet von 2012 bis 2062.

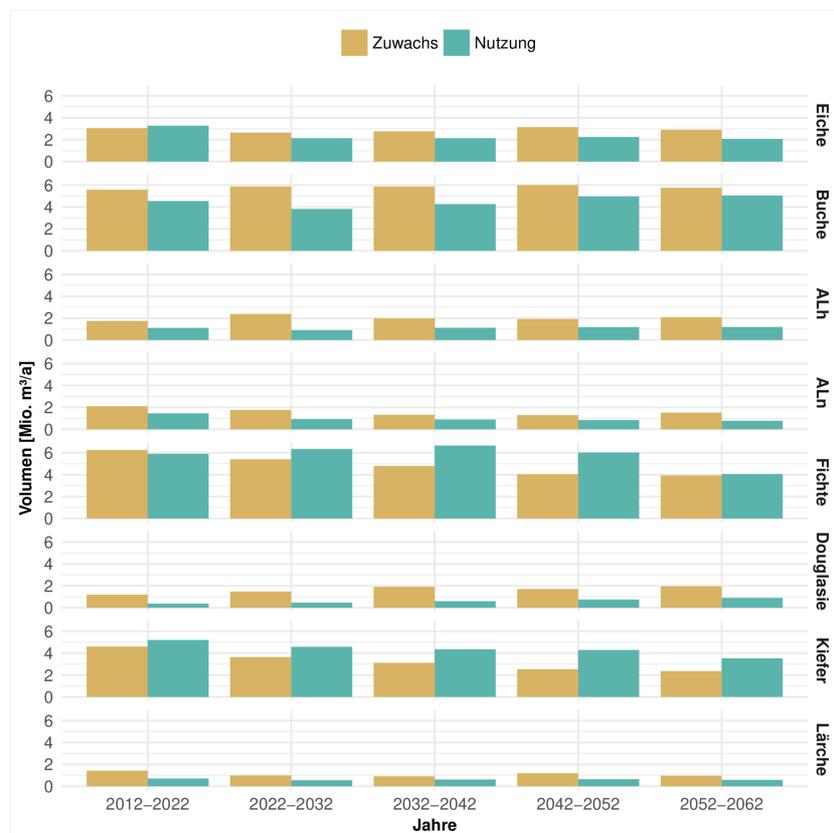


Abbildung 63: Entwicklung von Zuwachs und Nutzung im Projektgebiet von 2012 bis 2062 getrennt nach Baumartengruppen.

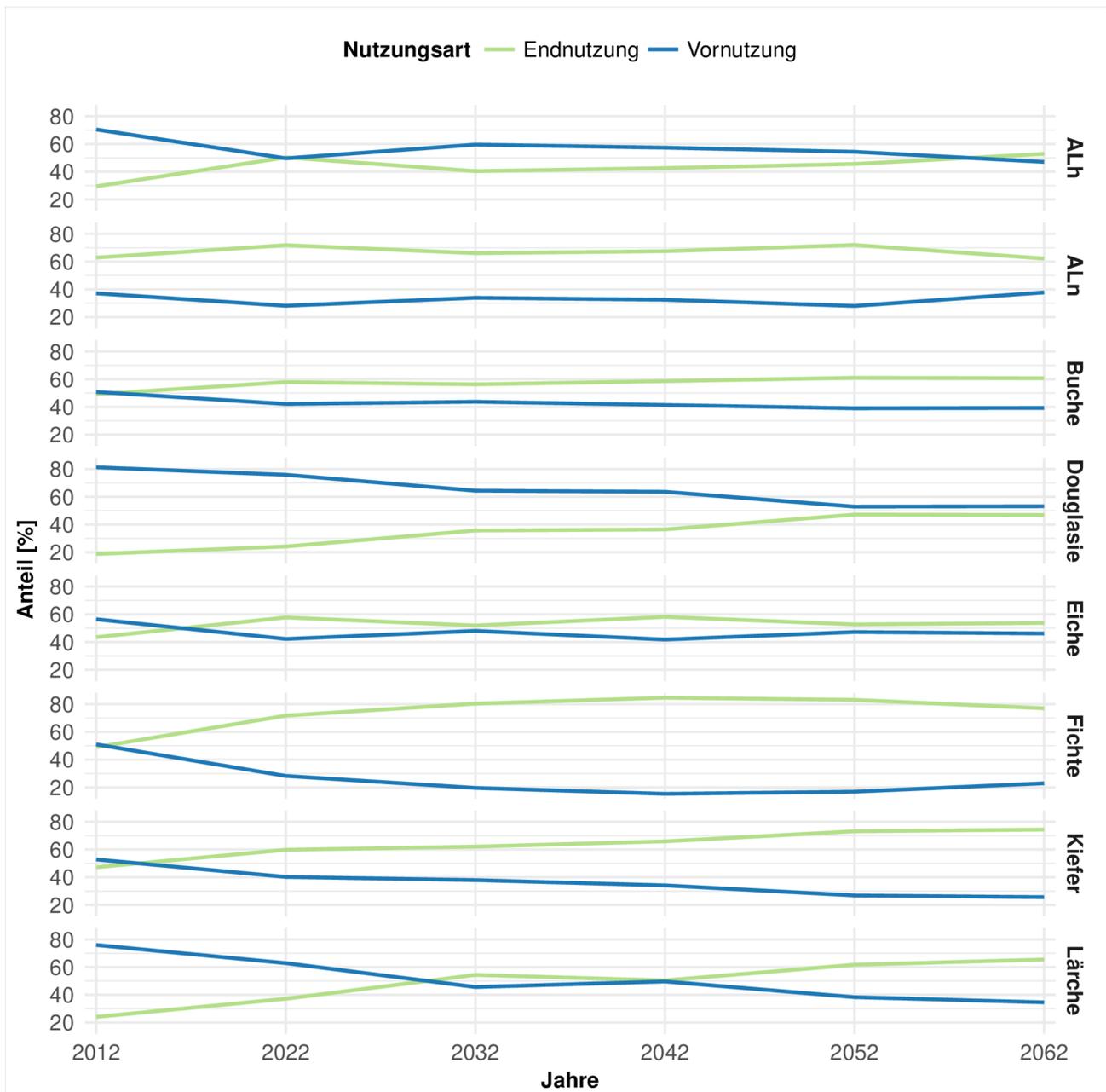


Abbildung 64: Entwicklung der Anteile [%] von Vor- und Endnutzung am Nutzungsvolumen im Projektgebiet von 2012 bis 2062 getrennt nach Baumartengruppen

Auch das Verhältnis von Vor- zu Endnutzung auf Basis der jeweiligen Nutzungsmenge entwickelt sich je nach Baumartengruppe unterschiedlich (siehe Abbildung 64). Insbesondere bei Fichte und Kiefer sind stark zunehmende Endnutzungsanteile (bis zu 80 %) respektive abnehmende Vornutzungsanteile ab 2022 zu erwarten, bei Lärche wird dies ab 2042 vorhergesagt. Allein bei Douglasie überwiegen im Betrachtungszeitraum die Vornutzungsanteile aufgrund des Altersklassenaufbaus, wobei sie sich ebenfalls stetig verringern. Hingegen ist bei den Laubbaumarten, insbesondere Eiche und ALh, keine klare Entwicklung zu steigenden bzw. sinkenden Endnutzungsanteilen zu erkennen (ab 2022 zwischen 40 und 60 %). Bei ALn bewegen sich die Nutzungsartanteile mit gewissen Schwankungen jeweils auf dem gleichen Niveau (30 bis

40 % Vornutzung zu 60 bis 70 % Endnutzung). Zum Ende der Simulation stellt sich bei Buche ein End- bzw. Vornutzungsanteil von rund 60 bzw. 40 % ein.

II.4.4.3 Sortenvolumen

Die projizierte verwertbare Nutzungsmenge der Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung, kurz WEHAM, für die vier untersuchten Bundesländer beträgt im Zeitraum von 2012 bis 2052 rund 15,154 Mio. m³ pro Jahr (89 % des gesamten Rohholzpotenzials), bezogen auf 50 Jahre ergibt sich ein Nutzungsvolumen von etwa 757,7 Mio. m³. Dieses Volumen wird allerdings maßgeblich durch die bundesland- und baumartenspezifischen Einstellungen zur waldbaulichen Behandlung und Sortierung sowie durch die Wachstumsfunktionen und andere Faktoren bestimmt. Da sich diese Funktionen und Einstellungen von der hier benutzten Software unterscheiden, soll die WEHAM-Projektion nur als erste Referenz dienen. In der Vergangenheit wurden zwischen der 2. und 3. BWI in der Summe der vier Bundesländer jährlich rund 15,623 Mio. m³ (durchschnittlich 90,1 % des gesamten ausscheidenden Bestandes) eingeschlagen und genutzt. WEHAM bildet demnach tendenziell das Nutzungsverhalten zwischen BWI 2 und 3 ab.

Auf Basis der Ausführungen in Kapitel II.4.3.4 wurde das ausscheidende Volumen mittels der im WaldPlaner implementierten Sortieroutine ausgehalten (siehe Tabelle 14). Wie zu erwarten, kann mit Variante 1 – nur Nutzholz – das größte Gesamterntevolumen in Höhe von 883 Mio. m³ im Zeitraum von 2012 bis 2062 realisiert werden, wovon 44 % aus Laub- und 56 % aus Nadelholz bestehen. Insgesamt können 853,1 Mio. m³ (97 % des gesamten Erntevolumens) verwertet werden. Im Vergleich zu WEHAM ergibt diese Sortiervariante ein um etwa 13 % höheres verwertbares Nutzungsvolumen.

Im Vergleich zur Variante 1 ergeben sich bei den anderen Sortiervarianten geringere Erntevolumina, wobei der Anteil des gesamten verwertbaren Holzes zwischen 92 und 96 % liegt (siehe Tabelle 15). Es ergeben sich 874,9 Mio. m³ verwertbares Rohholz für Variante 2, 875,1 Mio. m³ für Variante 3, 874,1 Mio. m³ für Variante 4, 875,4 Mio. m³ für Variante 5 und 875,1 Mio. m³ für Variante 6. Dies sind etwa 6 bis 11 % mehr verwertbare Rohholzmenge als durch WEHAM projiziert. Auch der Anteil von Laub- und Nadelholz verändert sich im Vergleich zu Variante 1 bei den fünf anderen Szenarien kaum, sodass mehr Nadel- als Laubholz genutzt wird (56 ± 1 %). Die Nadelhölzer wurden nach einem einheitlichen Schema (Ausnahme Variante 6) sortiert und der verwertbare Anteil liegt in den Varianten 2 bis 5 bei 95 %. Allerdings führen diese Vorgaben dazu, dass im Vergleich zu Variante 1 (siehe Tabellen 14 und 15) ein rund 1 % geringeres Nadelholzvolumen ausgehalten wird, wobei der Anteil des verwertbaren Holzes mit 95 % lediglich 1 % geringer ist als in Variante 1. Auch das sortierte Laubholzvolumen der Varianten 2 bis 6 ist im Vergleich zu Variante 1 kaum verschieden. Demnach haben die hier verwendeten differenzierteren Aushaltungsvorgaben kaum Auswirkungen auf das sortierte Rohholzvolumen.

Die Änderung der Mittendurchmesserbedingungen in Variante 3 bei Eiche und Buche, bewirkt erwartungsgemäß eine Verringerung des nutzbaren Laubholzes im Vergleich zu Variante 2 (87 zu 95 %). Hingegen führt Variante 4 – eine möglichst lange Aushaltung unter Beibehaltung der anderen Vorgaben von Variante 2 – zu einem ähnlich hohen Volumen (Variante 2 zu 4: 389,6 zu

389,4 Mio. m³) mit gleichem Anteil verwertbaren Holzes (jeweils 95 %). Durch das Auslassen der Beschränkung des oberen Mittendurchmessers beim Industrie- und Energieholz in Variante 5, erhöht sich im Vergleich zu Variante 2 die sortierte Laubholzmenge nur leicht und auch der Anteil des verwertbaren Laubholzes steigt um 1 % an. In Variante 6 wurde der maximale Mittendurchmesser bei allen Sorten sowie bei Laub- und Nadelholz nicht beschränkt. Im Vergleich zu Variante 2 ergibt sich daher für diese Variante ein etwas höheres Rohholzaufkommen mit einem 1 % höheren Anteil verwertbaren Holzes.

Da sich die verschiedenen Sortiervarianten, mit Ausnahme von Variante 3, in ihren verwertbaren Laubrohholzvolumen kaum voneinander unterscheiden, werden im Folgenden nur die baumartenspezifischen Ergebnisse der Variante 6 beschrieben.

In Tabelle 16 sind die nach den Vorgaben der Variante 6 sortierten Volumina der Eichenarten getrennt nach Stärkeklassen und Prognosezeitraum zu finden. Dabei wird ersichtlich, dass sich das verwertbare Potenzial im Vergleich zur ersten Dekade in jeder Stärkeklasse verringert. Ab 2032 bis 2062 erhöht sich die Eichenholznutzung im Bereich unter 20 cm, in den nächst höheren Stärkeklassen hingegen verringert sich die jährliche Nutzung. Erst ab einem Mittendurchmesser von 40 cm ist ein Anstieg der jährlichen Nutzung von der 2. bis zur 4. Dekade zu erkennen, welche im folgenden Zeitraum wieder absinkt. Es wird deutlich, dass bei der Eiche vor allem in den Mittenstärken ab 40 cm ein hohes Nutzungspotenzial vorhanden ist. Die Buchenholznutzung ist in der Stärkeklasse 0+1 am geringsten und in den Stärkeklassen 4 und 5 am höchsten. Ab 30 cm Mittendurchmesser werden ab 2022 stark ansteigende Nutzungspotenzial prognostiziert (siehe Tabelle 17).

Anderes Laubholz und Hainbuche sowie die Weichlaubhölzer werden im Vergleich zur Buche weniger genutzt (siehe Tabellen 18 und 19). Hier werden die höchsten Nutzungspotenziale unterhalb der Stärkeklasse 3 vorhergesagt. Wobei beim Edellaubholz in allen Stärkeklassen ab 2022 ein Anstieg der Nutzung zu erkennen ist. Beim Weichlaubholz ist es für die Stärken unter der Klasse 3 ähnlich, in Stärkeklasse 3 wird eine annähernd konstante Nutzungsmenge prognostiziert. Die Holznutzung des Weichlaubholzes nimmt ab einem Mittendurchmesser von 40 cm im Prognosezeitraum kontinuierlich ab.

Tabelle 15: Übersicht über die ausgehaltenen Erntevolumen getrennt nach Varianten (Definition in Tabelle 14) sowie Laub- und Nadelholz.

Sortiervariante	Artgruppe	verwertbar	Erntevolumen [Mio. m³]	Anteil [%]
1	LH	ja	378,3	97
		nein	12,3	3
		gesamt	390,6	100
	NH	ja	474,8	96
		nein	17,6	4
		gesamt	492,4	100
	LH + NH	ja	853,1	97
		nein	29,9	3
		gesamt	883,0	100
2 – 5	NH	ja	463,4	95
		nein	21,9	5
		gesamt	485,3	100
2	LH	ja	368,4	95
		nein	21,2	5
		gesamt	389,6	100
	LH + NH	ja	831,8	95
		nein	43,1	5
		gesamt	874,9	100
3	LH	ja	338,1	87
		nein	51,7	13
		gesamt	389,8	100
	LH + NH	ja	801,5	92
		nein	73,6	8
		gesamt	875,1	100
4	LH	ja	370,1	95
		nein	19,3	5
		gesamt	389,4	100
	LH + NH	ja	833,5	95
		nein	41,2	5
		gesamt	874,7	100
5	LH	ja	373,1	96
		nein	17,0	4
		gesamt	390,1	100
	LH + NH	ja	836,5	96
		nein	38,9	4
		gesamt	875,4	100
6	LH	ja	373,1	96
		nein	17,0	4
		gesamt	390,1	100
	NH	ja	467,6	96
		nein	17,4	4
		gesamt	485,0	100
	LH + NH	ja	840,7	96
		nein	34,4	4
		gesamt	875,1	100

Tabelle 16: Verwertbare Eichenholznutzung [1000 m³/a] getrennt nach Stärkeklasse und Prognosezeitraum.

Zeitraum	Stärkeklasse					
	0+1	2	3	4	5	6+
2012 - 2022	337	461	507	456	326	392
2022 - 2032	233	319	350	320	213	193
2032 - 2042	225	307	354	325	220	203
2042 - 2052	272	281	339	331	251	234
2052 - 2062	285	252	293	301	235	209

Tabelle 17: Verwertbare Buchenholznutzung [1000 m³/a] getrennt nach Stärkeklasse und Prognosezeitraum.

Zeitraum	Stärkeklasse					
	0+1	2	3	4	5	6+
2012 - 2022	654	707	586	577	530	507
2022 - 2032	540	584	564	598	580	286
2032 - 2042	557	678	698	702	600	322
2042 - 2052	543	702	802	911	825	422
2052 - 2062	506	645	735	885	850	622

Tabelle 18: Verwertbare Holznutzung [1000 m³/a] des Anderen Laubholzes mit hoher Lebensdauer sowie Hainbuche getrennt nach Stärkeklasse und Prognosezeitraum.

Zeitraum	Stärkeklasse					
	0+1	2	3	4	5	6+
2012 - 2022	340	307	218	144	81	91
2022 - 2032	208	231	181	123	66	41
2032 - 2042	258	251	208	151	84	45
2042 - 2052	316	220	202	164	97	51
2052 - 2062	317	253	203	163	99	66

Tabelle 19: Verwertbare Holznutzung [1000 m³/a] des Anderen Laubholzes mit niedriger Lebensdauer getrennt nach Stärkeklasse und Prognosezeitraum.

Zeitraum	Stärkeklasse					
	0+1	2	3	4	5	6+
2012 - 2022	262	313	298	226	129	123
2022 - 2032	215	202	202	106	38	35
2032 - 2042	258	233	191	68	15	21
2042 - 2052	266	230	193	48	7	2
2052 - 2062	246	214	194	43	6	5



Abbildung 65: Reale Sortenverteilung und Sortenanteile auf Basis der Sortiervarianten 2 bis 6 (Definition siehe Tabelle 14).

II.4.4.4 Abschätzung der Qualitäten des Laubstammholzes

In Abbildung 65 ist die Sortenverteilung getrennt nach Sortiervarianten dargestellt. Es zeigt sich, dass keine der verwandten Einstellungen das reale Sortierverhalten der Revierleiter, Forstwirtschaftsmeister und Anderer abzubilden vermag. Daher werden vereinfachend die verwertbaren Nutzungsmassen der Sortiervariante 6 (840,7 Mio. m³) mit den realen art- und stärkeklassenspezifischen Sortenanteilen (siehe Kapitel II.3) und anschließend mit den ermittelten Qualitätsanteilen belegt. Dieser statische Ansatz ermöglicht einen Einblick in das zukünftig zu erwartende Potenzial geringwertiger Laubhölzer.

Im Simulationsverlauf werden rund 90,2 Mio. m³ verwertbare Eichenholznutzung prognostiziert (siehe Tabelle 20), wovon rund 57,9 Mio. m³ als Stammholz bzw. Fixlängen sortiert werden (siehe Tabelle 21). Dieses Volumen verteilt sich mehr oder weniger gleichmäßig auf den gesamten Durchmesserbereich, mit einem Schwerpunkt in der 4. Stärkeklasse. Zu rund 50 % wird das Eichenstammholz in die Qualität C eingeordnet und zu 22 % in die Qualitätsklasse B, gefolgt von D-Qualität mit etwa 17 %. Die Mischkategorie BC sowie die A-Qualität treten mit jeweils etwa 6 %

auf. Die Verwendungsmöglichkeiten bei Eiche sind derzeit vielfältiger als beispielsweise bei Buche und momentan wird Eichenholz mit diversen Holzmerkmalen, die in der Qualitätsklasse C zu finden sind, vermehrt von den Sägern nachgefragt. Daher kann bei Eiche momentan nur Stammholz der Qualität D als geringwertig bezeichnet werden. Somit ergibt sich für Eiche ein für das Projekt relevantes Volumen über alle Sorten von etwa 41,9 Mio. m³ (6,75 Mio. m³ Energieholz, 25,54 Mio. m³ Industrieholz, 9,58 Mio. m³ D-Stammholz).

Ahorn und Esche wurden nach dem gleichen Schema sortiert (siehe Tabelle 14) und es ergeben sich Gesamtnutzungsvolumen von 19,83 und 14,54 Mio. m³, wovon etwa 29 und 57 % Stammholz sind (siehe Tabelle 20). Erwartungsgemäß sind die größten Stammholzvolumina bei Ahorn sowie Esche in den oberen Stärkeklassen zu finden (4 +). 54 % des Ahorn- und 67 % des Eschenstammholzes werden nach der hier durchgeführten Untersuchung besserer Qualität sein (siehe Tabelle 21). Demnach werden die restlichen Anteile, respektive 46 bzw. 33 %, der Qualitätseinstufung C und D zugeordnet. Daraus ergibt sich ein Potenzial an geringwertigem Ahorn- bzw. Eschenholz (Stammholz C- und D-Qualität, Energie- und Industrieholz) in Höhe von etwa 16,7 bzw. 8,9 Mio. m³ im Untersuchungsgebiet und -zeitraum. Allerdings kann hier nicht die Entwicklung des Eschentriebsterbens oder der Rußrindenkrankheit an Ahorn einbezogen werden.

Das Volumen des verwertbaren Birkenholzes wird auf etwa 14,1 Mio. m³ geschätzt (siehe Tabelle 20). Davon werden allerdings nur 1,31 Mio. m³ auf Basis des realen Sortierverhaltens als Stammholz ausgehalten (siehe Tabelle 21). Es fällt hauptsächlich in der 3. und 4. Stärkeklasse an und über die 4. Klasse hinaus ist nicht mit nennenswerten Volumen zu rechnen. Allein 56 % des Stammholzes werden der Qualität D und weitere 11 % der Qualität C zugeordnet. Birkenstammholz besserer Qualitäten fällt zu rund 1/3 an. Daher ergibt sich hier ein entsprechend hohes Potenzial von geringwertigem Birkenholz in Höhe von 13,7 Mio. m³.

Alle anderen Laubholzarten, mit Ausnahme der Buche, wurden je nach Zugehörigkeit mit dem Schema von Esche und Ahorn oder von Birke (ALH & HBU oder ALN, siehe Tabelle 14) sortiert. Für diese anderen Laubhölzer ergibt sich ein verwertbares Erntevolumen von insgesamt 47,2 Mio. m³. Davon wiederum werden voraussichtlich rund 14,1 Mio. m³ Stammholz sein, wovon etwa 59 % in die Qualitätsklassen C und D entfallen (8,29 Mio. m³). Somit ergibt sich für alle anderen nicht näher benannten Laubhölzer ein zu erwartendes Potenzial geringwertigen Holzes von rund 41,4 Mio. m³.

In einer ersten Zwischenbilanz wird mit dem beschriebenen Verfahren das Volumen von geringwertigem Laubholz, ohne Buche, auf 122,6 Mio. m³ im Zeitraum von 2012 bis 2062 in Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein geschätzt.

Tabelle 20: Prognostiziertes verwertbares Laubholzvolumen [Mio. m³] getrennt nach Art, Sorte (E = Energieholz, I = Industrieholz, S = Stammholz) und Stärkeklasse im gesamten Untersuchungsgebiet und im Zeitraum von 2012 bis 2062 (ohne Buche).

Baumart	Sorte	Stärkeklasse						Summe	Anteile [%]
		<3	3	4	>4	5	>5		
Ahorn	E	2,51	0,64	0,09	0,04	0,00	0,00	3,28	16,5
	I	8,28	1,78	0,21	0,49	0,00	0,00	10,76	54,3
	S	1,16	0,98	2,01	1,65	0,00	0,00	5,80	29,2
Birke	E	0,58	0,37	0,17	0,07	0,00	0,00	1,19	8,4
	I	7,24	3,96	0,36	0,03	0,00	0,00	11,60	82,3
	S	0,29	0,49	0,50	0,02	0,00	0,00	1,31	9,3
Eiche	E	4,99	1,33	0,28	0,00	0,10	0,05	6,75	7,5
	I	18,40	5,49	1,01	0,00	0,32	0,32	25,54	28,3
	S	6,30	11,63	16,05	0,00	12,03	11,93	57,94	64,2
Esche	E	0,94	0,30	0,09	0,04	0,00	0,00	1,36	9,4
	I	3,38	1,11	0,22	0,14	0,00	0,00	4,85	33,3
	S	0,54	2,08	2,87	2,85	0,00	0,00	8,34	57,3
andere LH	E	1,99	0,42	0,10	0,07	0,00	0,00	2,59	5,5
	I	22,93	5,80	1,20	0,61	0,00	0,00	30,54	64,6
	S	1,59	2,97	4,54	5,01	0,00	0,00	14,11	29,9

Tabelle 21: Prognostiziertes Laubstammholzvolumen [Mio. m³] getrennt nach Art, Stärkeklasse und Qualität im Untersuchungsgebiet und im Zeitraum von 2012 bis 2062 (ohne Buche).

Baumart	Stärke-klasse	Qualität					Summe
		A	B	BC	C	D	
Ahorn	<3	0,00	0,53	0,08	0,41	0,15	1,16
	3	0,00	0,25	0,22	0,42	0,09	0,98
	4	0,09	0,47	0,42	0,87	0,16	2,01
	>4	0,36	0,52	0,23	0,44	0,11	1,65
	Summe	0,45	1,76	0,94	2,14	0,51	5,80
Birke	<3	0,00	0,01	0,00	0,00	0,28	0,29
	3	0,00	0,02	0,07	0,03	0,38	0,49
	4	0,03	0,10	0,18	0,10	0,08	0,50
	>4	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02
	Summe	0,04	0,14	0,26	0,14	0,74	1,31
Eiche	<3	0,03	2,36	0,55	2,54	0,82	6,30
	3	0,00	1,56	1,13	6,95	1,99	11,62
	4	0,11	2,61	0,98	9,29	3,06	16,05
	5	0,57	2,72	0,46	6,10	2,19	12,03
	>5	2,78	3,22	0,33	4,09	1,52	11,93
	Summe	3,49	12,47	3,44	28,97	9,58	57,94
Esche	<3	0,00	0,18	0,12	0,15	0,09	0,54
	3	0,00	0,35	0,99	0,63	0,11	2,08
	4	0,03	0,53	1,37	0,85	0,09	2,87
	>4	0,36	0,92	0,75	0,72	0,09	2,85
	Summe	0,40	1,99	3,23	2,34	0,37	8,33
andere LH	<3	0,00	0,15	0,06	0,14	1,24	1,59
	3	0,01	0,32	0,35	0,71	1,58	2,97
	4	0,05	0,79	1,16	1,23	1,31	4,54
	>4	0,17	1,28	1,50	0,88	1,18	5,01
	Summe	0,24	2,54	3,06	2,96	5,32	14,11

II.4.4.5 Regionale Auswertung der Qualitäten des Buchenstammholzes und Gesamtschau

Die räumliche Auswertung der Buchennutzungen der Sortiervariante 6 basiert ebenfalls auf der Verschneidung der sortierten verwertbaren Volumina mit den Sorten- und Qualitätsklassenanteilen getrennt nach Stärkeklassen und den vorher definierten Regionen. Insgesamt ergibt sich durch dieses Vorgehen ein prognostiziertes Volumen von 187,12 Mio. m³ Buchenholz, wobei das Stammholz rund 81,62 Mio. m³ ausmacht (siehe Tabelle 22). Davon wird der Großteil im Mittelgebirge realisiert (76,6 %). Im Tief- bzw. Lösshügelland fallen hingegen entsprechend geringere Mengen an (16,9 bzw. 6,5 %). Dabei sind erwartungsgemäß die Stärkeklassen 4 und 5 am stärksten besetzt. Das Energie- und Industrieholz nimmt insgesamt ein geschätztes Volumen von rund 105,5 Mio. m³ ein, wobei im Lösshügelland der Anteil des Energieholzes im Vergleich zu den anderen Regionen geringer ist.

Tabelle 22: Hergeleitete Buchenholznutzung [Mio. m³] getrennt nach Regionen und Stärkeklassen im gesamten Prognosezeitraum von 2012 bis 2062

Region	Sorte	Stärkeklasse					Summe	Anteile [%]
		<3	3	4	5	>5		
Lösshügelland	E	0,36	0,50	0,18	0,11	0,39	1,53	13,7
	I	2,29	0,95	0,40	0,21	0,44	4,29	38,5
	S	0,63	0,40	1,57	1,92	0,83	5,34	47,8
Mittelgebirge	E	18,50	7,28	1,64	0,73	3,50	31,66	22,0
	I	28,27	13,19	3,17	1,39	3,86	49,88	34,6
	S	2,57	6,50	23,51	22,28	7,60	62,45	43,4
Tiefeland	E	3,04	1,89	1,15	0,61	1,23	7,92	24,8
	I	5,11	2,53	0,92	0,46	1,18	10,21	31,9
	S	0,36	0,60	4,18	6,13	2,56	13,83	43,3

In Abbildung 66 sind die Stammholzmengen der Buche getrennt nach Region, Stärkeklasse und Qualität dargestellt. Dabei zeigt sich, dass das Holz mit C- und D-Qualität über alle Stärkeklassen und Regionen ein Volumen von rund 51,5 Mio. m³ bzw. 63 % des projizierten Stammholzvolumens einnimmt (siehe Tabelle 23). Rechnet man zusätzlich die BR-Qualität mit ein, so ergibt sich ein Volumen von 53,9 Mio. m³ und ein Anteil von 66 % am projizierten Buchenstammholzvolumen. In allen drei Regionen fällt kaum Holz mit A-Qualität an. Der B-Holzanteil liegt je nach Region zwischen 12 und 13 %, wobei dieser Anteil wiederum je nach Stärkeklasse stark variieren kann. So beträgt der B-Holzanteil in der Stärkeklasse 3 im Lösshügelland etwa 81 %. Auch bei der Qualität BR zeigen sich regionale Unterschiede. Im Mittelgebirge erreicht der entsprechende Anteil Werte von rund 7 % in der Stärkeklasse > 5, im Lösshügel- bzw. Tiefland sind es 3 % bzw. etwas mehr als 1 %.

Unter der Annahme, dass sich die neueren waldbaulichen Grundsätze der Buchenbewirtschaftung erst langsam auf die Wertleistung der Buchenbestände im Bereich ab Stärkeklasse 4 auswirken und das sich das Sortierverhalten des zuständigen Personals nur leicht im Prognosezeitraum verändert, ergibt sich auf Basis der hier durchgeführten Untersuchung ein immenses Potenzial an

geringwertigem Buchenholz von etwa 159 Mio. m³ (Energie- und Industrieholz 105,5 Mio. m³, 53,92 Mio. m³ Stammholz BR, C und D) in den nächsten Dekaden und dies vor allem in der Mittelgebirgsregion.

Tabelle 23: Hergeleitete Buchenstammholznutzung [Mio. m³] getrennt nach Stärkeklassen und Qualitäten im gesamten Prognosezeitraum von 2012 bis 2062

Region	Stärke- klasse	Qualität						Summe
		A	B	BC	BR	C	D	
Lösshügelland	<3	0,00	0,09	0,09	0,00	0,40	0,04	0,63
	3	0,00	0,32	0,00	0,00	0,05	0,01	0,40
	4	0,00	0,06	0,29	0,02	0,94	0,25	1,57
	5	0,00	0,17	0,28	0,06	1,09	0,32	1,92
	>5	0,00	0,05	0,11	0,02	0,46	0,19	0,83
	Summe	0,00	0,70	0,76	0,11	2,95	0,82	5,34
Mittelgebirge	<3	0,00	0,13	0,90	0,01	0,87	0,65	2,57
	3	0,01	1,34	1,60	0,10	1,91	1,54	6,50
	4	0,01	1,67	6,23	0,43	11,08	4,09	23,51
	5	0,07	3,13	4,85	1,12	10,08	3,03	22,28
	>5	0,04	1,09	1,28	0,54	3,57	1,08	7,60
	Summe	0,12	7,37	14,86	2,19	27,52	10,40	62,45
Tiefland	<3	0,00	0,10	0,01	0,00	0,18	0,07	0,36
	3	0,00	0,18	0,15	0,00	0,21	0,07	0,60
	4	0,00	0,55	0,54	0,01	2,02	1,06	4,18
	5	0,01	0,76	1,02	0,05	2,76	1,54	6,13
	>5	0,01	0,28	0,30	0,03	1,06	0,88	2,56
	Summe	0,02	1,87	2,02	0,09	6,23	3,61	13,83

In der Summe aller Laubhölzer ist mit einem Anfall an geringerwertigen Qualitäten (Stammholz mit C- und D-Qualität, Buche mit BR, Eiche ohne C, sowie Industrie- und Energieholz) im Bereich von etwa 282 Mio. m³ bezogen auf den Zeitraum von 2012 bis 2062 zu rechnen. Jährlich entspricht dies einem Volumen von etwa 5,6 Mio. m³, was mehr als rund einem Drittel (ca. 36 bzw. 37 %) der gesamten ermittelten Nutzung zwischen der 2. und 3. BWI der Länder Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein (15,6 Mio. m³ pro Jahr) bzw. der Projektion von WEHAM (15,154 Mio. m³) entspricht. Bezogen auf das verwertbare prognostizierte Laubholzvolumen sind es sogar 76 %. Von diesem verwertbaren prognostizierten Volumen müssen allerdings noch das Rindenvolumen sowie Überlängen und weitere Erntereste („gesundschneiden“) abgezogen werden, um das im Werk nutzbare Holzvolumen zu erhalten. Beispielsweise werden die Rindenverluste bei Kramer und Akca (2008) mit 5 bis 6 % für Buche und mit 15 % für Eiche angegeben. Auch wird der Mitteldurchmesser bei der Aufnahme des Stammholzes forsttypisch abgerundet was ebenfalls zu Unschärfen zwischen den hier ermittelten Mengen und den Verkaufsmengen der Forstbetriebe führt.

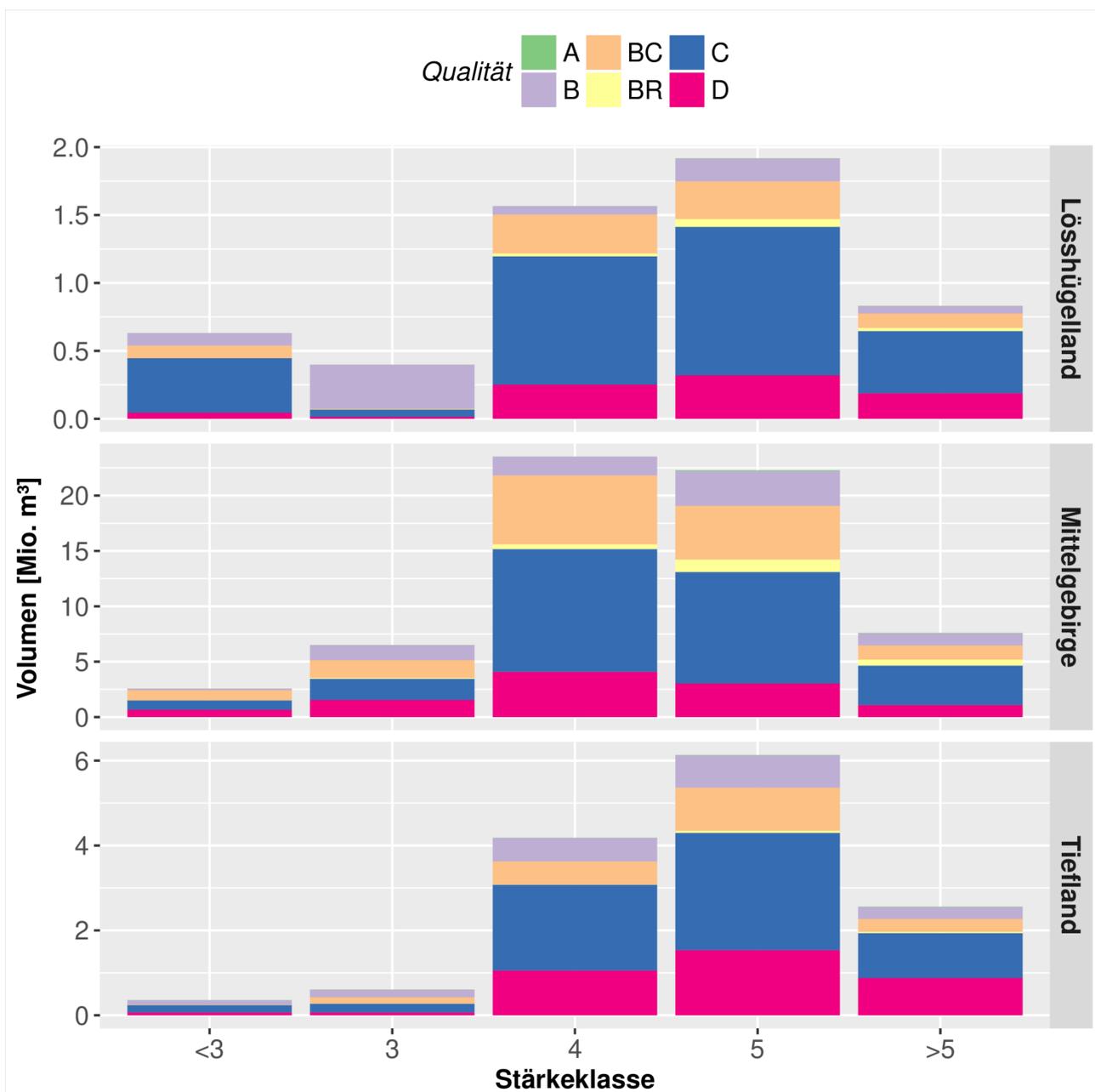


Abbildung 66: Prognostizierte Verteilung des Buchenstammholzvolumens [Mio. m³] getrennt nach Region, Stärkeklasse und Qualität.

II.4.4.6 Anwendung des Rotkernmodells

Für die Anwendung des Rotkernmodells von Schmidt et al. (2008) wurden zunächst die prognostizierten Buchennutzungen mit einer neuen Variante mittels WaldPlaner sortiert. Dabei beträgt der Mindestmittendurchmesser und -zopf 35 cm und die Länge des Erdstammstückes variiert zwischen 6 und 10 m. Des Weiteren wurde das Erdstammstück einmal je Baum und ggf. nur bis zum Kronenansatz ausgehalten. Darüber hinaus wurden auch in dieser Variante die Sorten Stubben sowie Restderbholz ausgehalten, welche aber in der folgenden Analyse nicht weiter

betrachtet werden. Damit konnten die Eingangsgrößen Baumalter, Brushhöhendurchmesser und Länge des Erdstammstückes für das Rotkernmodell generiert werden. Daneben mussten weitere Größen, im Folgenden als Umweltvektor bezeichnet, für jede Traktecke der BWI ermittelt und auf die sortierten Bäume übertragen werden. Zum Umweltvektor zählen die Höhe über Normal-Null (HNN), das Ausgangsgestein sowie die Wasser- und Nährstoffversorgung. Die notwendigen Standortinformationen wurden aus der Datenbank der Projektes „Waldproduktivität-Kohlenstoffspeicherung-Klimawandel“ entnommen (Ahrends et al. 2017) und entsprechend der Vorgaben des Modells übersetzt. Im Modell gibt es 15 Klassen für das Ausgangsgestein, 5 Wasserhaushalts- und 2 Nährstoffversorgungsgruppen. Allerdings konnten nicht für alle Traktecken diese Informationen zusammengetragen werden (siehe Abbildung 67). Mit den vollständig modellierten Umweltvektoren war es möglich, den Rotkernanteil der Erdstammstücke getrennt nach 5 Klassen im Mittelgebirge zu berechnen. Diese Region wurde ausgewählt, da das Modell für diese parametrisiert wurde und hier die Buchennutzungen am größten sind. Für die weitere Analyse wurden die ursprünglich 5 Rotkernklassen zu 2 Gruppen zusammengefasst (siehe Tabelle 24). Diese Einteilung basiert auf der Überlegung, dass in der forstlichen Praxis ein Rotkernanteil über 1/3 des Durchmessers am Stammfuß oder Zopf des Erdstammstückes mit B-Qualität zu einer Abwertung der Qualität nach B-Rot oder schlechter führt. Allerdings gehen bei der Sortierung von Stammholz weitere Faktoren wie Astanzahl und -zustand, Drehwuchs oder Krümmung mit ein und die Gesamtheit fügt sich zu einer Qualitätsklasse zusammen. Mit dem vorhandenen Modell wird allein der Anteil des Rotkerns geschätzt, welcher ggf. unter realen Bedingungen von anderen Faktoren überlagert wird.

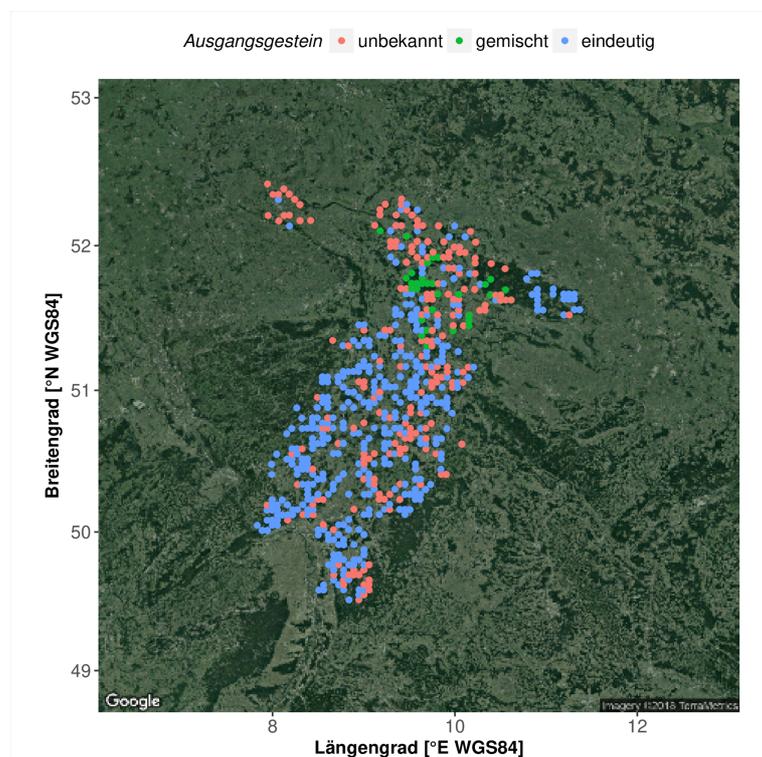


Abbildung 67: Lage der Traktecken und Information zum Ausgangsgestein in der Mittelgebirgsregion.

Tabelle 24: Beschreibung der ursprünglichen Rotkernkategorien des Modells von Schmidt et al. (2008) und der hier verwandten Einteilung

Rotkernkategorie	Erläuterung	Rotkerngruppe
Schmidt et al. 2008		GerLau
0	kein Rotkern	< 1/3 des Durchmessers
1	bis 12 cm des Durchmessers	
2	12 cm bis 1/3 des Durchmessers	
3	1/3 bis 1/2 des Durchmessers	>= 1/3 des Durchmessers
4	1/2 bis 2/3 des Durchmessers	
5	über 2/3 des Durchmessers	

Die Funktionsweise des Rotkernmodells soll anhand zweier Beispiele verdeutlicht werden. Die Schätzung für ein 8 m langes Erdstammstück einer 100-jährigen Buche wurde beispielhaft mit den Informationen für einen mäßig frischen, meso-oligotrophen Standort auf Buntsandstein sowie für einen mäßig frischen, eutrophen Kalkstandort auf jeweils 370 m über Normal-Null durchgeführt. In Abbildung 68 a und b sind die Wahrscheinlichkeiten des Auftretens von Rotkern getrennt nach den ursprünglichen Kategorien des verwendeten Modells (siehe Tabelle 24) dargestellt. Zu erkennen ist, wie im Verlauf des Dickenwachstums der Anteil ohne Rotkern (Kategorie 0) immer weiter zurückgeht und vor allem die Anteile der Kategorien ab 12 cm (Kategorien > 1) zunehmen. Fasst man nun die einzelnen Kategorien zu Gruppen zusammen, ergibt sich ein einfacheres und sehr deutliches Bild (siehe Abbildung 68 c und d) und es wird ersichtlich, dass für eine 100-jährige Buche mit einem Zieldurchmesser von 65 cm auf dem Buntsandsteinstandort die Auftretenswahrscheinlichkeit eines Rotkernes mit einer Ausdehnung von mindestens 1/3 des Durchmessers am Zopf oder Stammfuß etwa 26 % beträgt. Auf dem Kalkstandort ist der entsprechende Wert mit rund 39 % mehr als 10 % höher als auf dem Buntsandsteinstandort. Erreicht die Buche erst im Alter 140 die Zielstärke von 65 cm so erhöht sich die Wahrscheinlichkeit eines abwertenden Rotkernanteils je nach Standort auf 50 bzw. 65 % (siehe Abbildung 68 e und f). Dabei wird modellbedingt die Schätzung für die jeweils stärkere und damit sortierrelevante Verkernung eines Stammes durchgeführt.

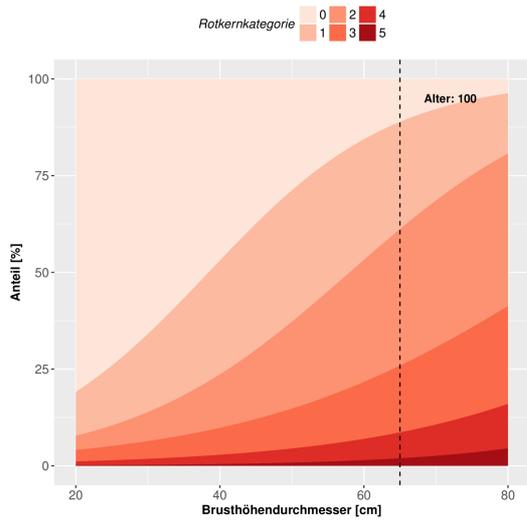
Für die weitere Analyse stellt sich die Frage, ab welchem Wahrscheinlichkeitsanteil der Rotkerngruppe von mindestens 1/3 des Durchmessers das entsprechende Erdstammstück der Qualität B-Rot oder schlechter zuzuordnen ist. Um diese Frage zu beantworten, wäre ein unabhängiger Datensatz mit den entsprechenden Standorts- und Bauminformationen sowie realen, objektiven Sortimenten notwendig. Solche Daten sind allerdings momentan nicht vorhanden und daher kann diese Frage nur beispielhaft beleuchtet werden. Abbildung 69 zeigt für ein Erdstammstück mit einem konstanten Brusthöhendurchmesser von 65 cm und einer Länge von 8 m die zeitliche Entwicklung des Rotkernanteils, der über 1/3 des Durchmessers ausmacht. Dabei stammt das Erdstammstück aus einem Bestand auf 370 m Höhe über Normal-Null auf einem

frischen Standort. Der Verlauf ist getrennt für Buntsandstein, die Gruppe Röt, Ton, Kalk sowie eutrophe und meso-oligotrophe Nährstoffversorgung dargestellt. Zunächst ist zu erkennen, dass die Auftretenswahrscheinlichkeit der Gruppe Röt, Ton, Kalk über der des Buntsandsteines liegt und die eutrophe Nährstoffversorgung über der meso-oligotrophen. Dies bedeutet, dass eine Buche in einem bestimmten Alter auf einem eutrophen Kalkstandort einen größeren Rotkern bzw. einen höheren Wahrscheinlichkeitsanteil hat, als auf einem ebenfalls eutrophen Buntsandsteinstandort. Bei geringerer Nährstoffversorgung verschiebt sich der grundsätzlich gleiche Verlauf nach rechts, d. h. die entsprechenden Wahrscheinlichkeitsanteile werden in einem höheren Alter erreicht. Zur Beantwortung der weiter oben gestellten Frage, sind drei Referenzlinien für die Wahrscheinlichkeitsanteile 33, 40 und 50 % in Abbildung 69 zu sehen. Wählt man 33 % als Grenzwert, bei dem ein Buchenschaft mit den genannten Eigenschaften den für die Sortierung relevanten abwertenden Rotkernanteil von 1/3 des Durchmesser erreicht, so müsste der Baum im Alter 90 bzw. 100 auf dem eutrophen Kalk- bzw. Buntsandsteinstandort geerntet werden, um der Abwertung von B zu B-Rot oder schlechter zuvorzukommen. Werden höhere Grenzwerte unterstellt, ergeben sich daraus auch entsprechend höhere Alter, ab denen mit einer Abwertung zu rechnen ist. So verschiebt sich bei einem Grenzwert von 50 % das Alter, ab dem mit einer Abwertung gerechnet werden muss, bei dem Beispielschaft auf 116 Jahre im Falle des eutrophen Kalkstandortes und auf 140 Jahre beim meso-oligotrophen Buntsandsteinstandort.

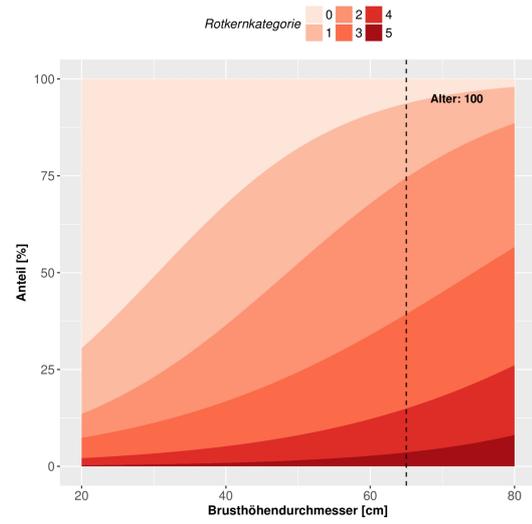
In die Analyse gingen schlussendlich 771 Traktecken mit insgesamt 5799 Erdstammstücken ein, welche ein Erntevolumen von rund 36 Mio. m³ repräsentieren. Weitere 378 Traktecken hatten keinen vollständigen Umweltvektor aufgrund des fehlenden Ausgangsgesteins und konnten somit nicht für das Rotkernmodell genutzt werden (siehe Abbildung 67). Die untersuchten Traktecken befinden sich durchschnittlich auf 336 ± 107 m (Median: 326 m) über Normal-Null. Das häufigste Ausgangsgestein an den Traktecken im Mittelgebirge ist Buntsandstein (24 %), gefolgt von der Gruppe Kiesel-, Tonschiefer, Grauwacke (19 %) und Basalt (14 %) sowie der Gruppe Röt, Ton, Kalk (10 %). Bei weiteren 9 % der Traktecken gibt es eine Mischung von verschiedenen Ausgangsgesteinen. Rund die Hälfte der Standorte sind frisch (49 %), die restlichen zumeist mäßig frisch (28 %) oder feucht bis betont feucht (17 %). Darüber hinaus sind 44 % der Standorte eutroph, der Rest meso-oligotroph. Das Alter der sortierten Buchen bewegt sich im Mittel zwischen rund 116 ± 34 Jahre in Stärkeklasse 3b bis 154 ± 38 Jahre in Stärkeklasse > 5. Die dazugehörigen durchschnittlichen Brusthöhendurchmesser betragen rund 43 ± 2 cm bzw. 79 ± 10 cm. Die zum Brusthöhendurchmesser korrespondierenden Mittendurchmesser der ausgehaltenen Erdstammstücke sind 38 ± 1 cm bzw. 79 ± 9 cm in den Stärkeklassen 3b bzw. > 5 und sie sind im Mittel $9,6 \pm 0,9$ m (Minimum 6,3 m, Maximum 10 m) lang. Erwartungsgemäß ist der Schwerpunkt des gesamten Erntevolumens in den Stärkeklassen 4 und 5 zu finden (zusammen rund 67 %). Ein weiterer Anteil von 22 % ist dem Mittendurchmesserbereich über 59 cm (Stärkeklasse > 5) zuzuordnen. Das durchschnittliche Schaftvolumen der sortierten Buchen beträgt etwa 4,2 m³. Die ermittelten Volumenanteile der Rotkernkategorien der sortierten und für das Modell genutzten Erdstammstücke ist in Abbildung 70 zu sehen. Rund 43 % des Erntevolumens von etwa 36 Mio. m³ fällt in Stärkeklasse 5 an, wovon wiederum ca. 50 % einen Rotkern mit einer Größe von mindestens 1/3 des Durchmesser besitzen. Bei größeren Mittendurchmessern steigt der Volumenanteil der Rotkernkategorien 3 bis 5 auf ca. 72 % an und nur noch 28 % des Volumens haben einen kleineren

Rotkern als $\frac{1}{3}$ des Durchmessers. In den Stärkeklassen 3b bis 4b sind die Anteile der angesprochenen Kategorien entsprechend geringer. Über alle Stärkeklassen wird durch das Rotkernmodell für die Kategorien 0 bis 2 (Rotkern $< \frac{1}{3}$ des Durchmessers) ein Volumen von 18,4 Mio. m³ prognostiziert, für die Kategorien 3 bis 5 (Rotkern $\geq \frac{1}{3}$ des Durchmessers) sind es 17,6 Mio. m³.

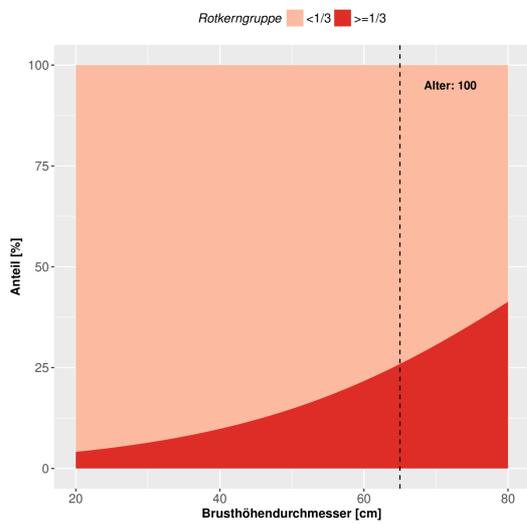
Aus den Ergebnissen des Rotkernmodells lässt sich ableiten, dass durch eine standörtlich und baumspezifisch angepasste Zielstärke der Anteil der Buchen mit einem sortierrelevanten Rotkern verringert werden kann. Ein Vergleich mit den Qualitätsauswertungen der Region Mittelgebirge zeigt, dass das Rotkernmodell realistische Größenordnungen der Qualitäten getrennt nach Rotkerngruppen (Rotkern $<$ oder $\geq \frac{1}{3}$ des Durchmessers bzw. die Qualitäten BR, C und D) vorhersagt. So ergibt sich aus dem Rotkernmodell in Stärkeklasse 5 ein Anteil von 50 %, dessen Rotkern größer als $\frac{1}{3}$ des Durchmessers ist, aus den Qualitätsauswertungen sind es in dieser Stärkeklasse knapp 64 % (siehe Kapitel II.3.3.1).



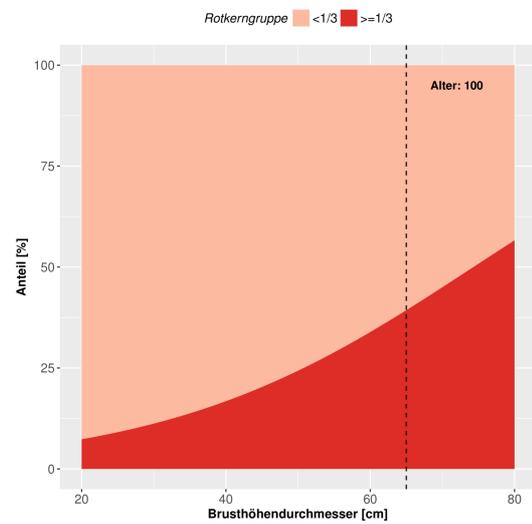
a)



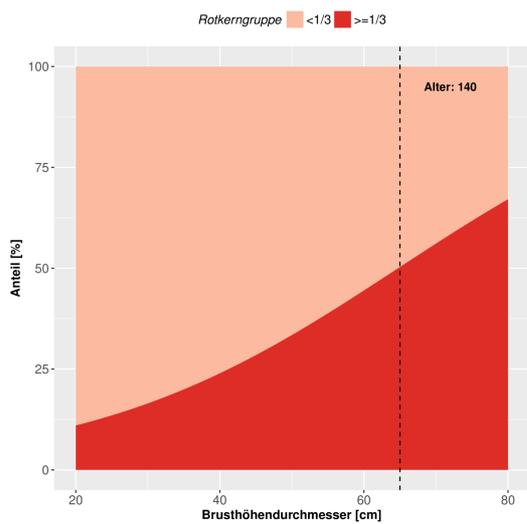
b)



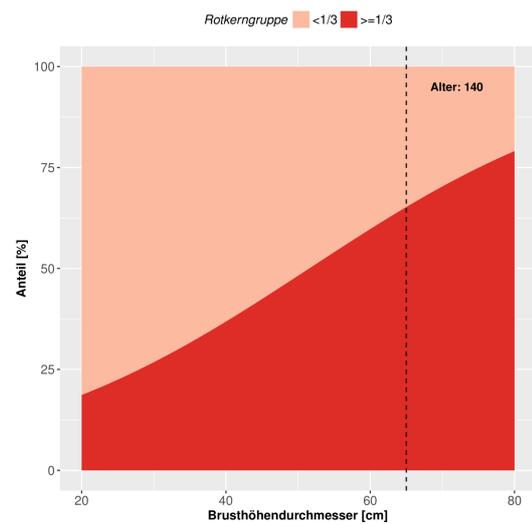
c)



d)



e)



f)

Abbildung 68 (Seite 92): Prognostizierte Rotkernanteile eines Beispielschaftes (Länge 8 m) auf einem mäßig frischen meso-oligotrophen Buntsandstein (a, c, e) sowie eutrophen Kalk (b, d, f). Die Rotkernanteile sind einmal getrennt nach Kategorien (a, b) und Gruppen (c – f) (vgl. Tabelle 24) sowie für verschiedene Alter dargestellt.

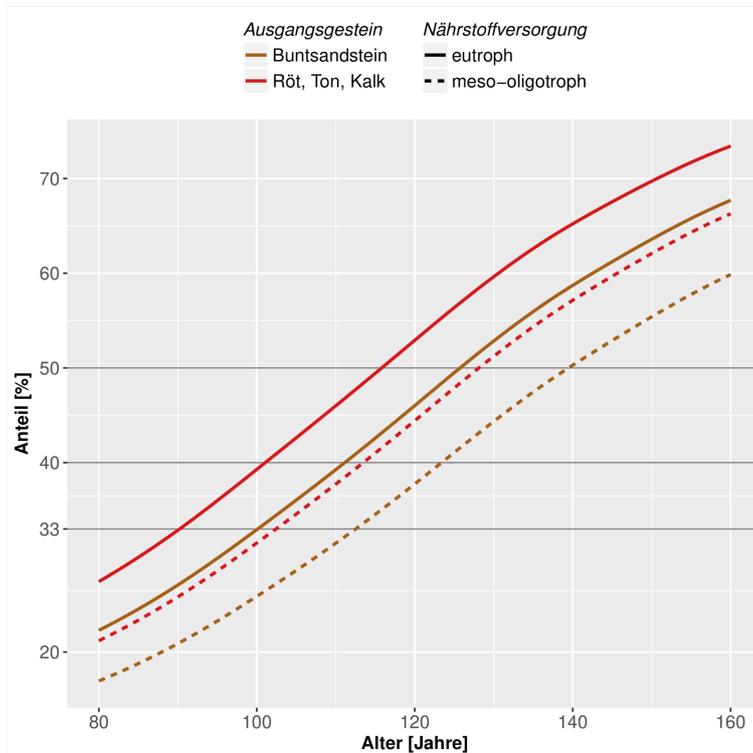


Abbildung 69: Prognostizierte Rotkernanteile über 1/3 des Durchmessers eines Beispielschaftes (Brusthöhendurchmesser 65 cm, Länge 8 m, auf 370 m Normal-Null) über dem Alter auf frischem Buntsandstein und Röt, Ton, Kalk bei unterschiedlicher Nährstoffausstattung. Hervorgehoben sind verschiedene Wahrscheinlichkeitsanteile ab denen möglicherweise eine Wertminderung von B zu B-Rot oder schlechter eintritt.

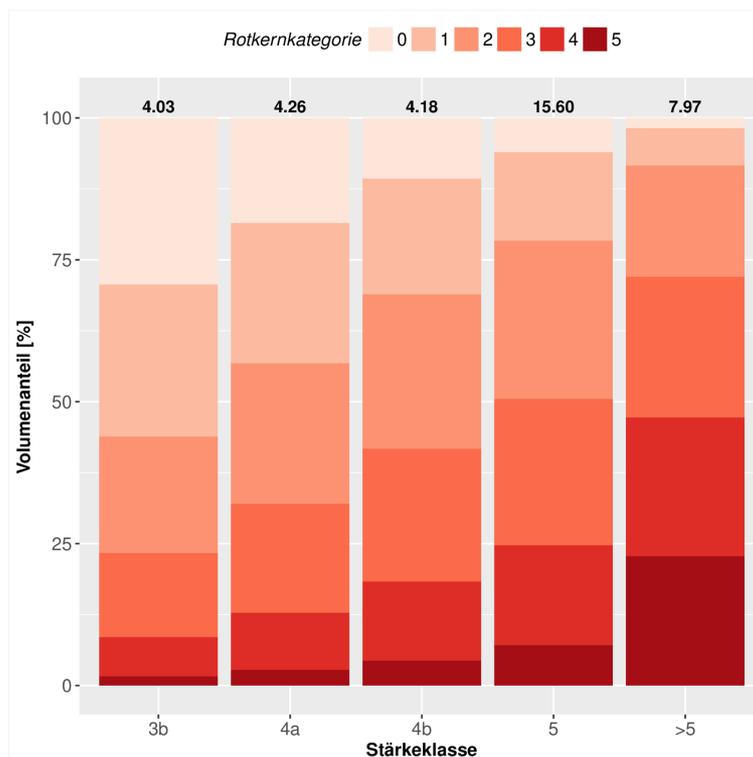


Abbildung 70: Volumenanteile der sortierten Erdstammstücke getrennt nach Stärkeklassen und Rotkernkategorien in der Mittelgebirgsregion von 2012 bis 2062. Über den Balken sind die Gesamtvolumen [Mio. m³] je Stärkeklasse zu finden.

II.5 Qualität in Mischbeständen

In den Waldbauprogrammen der Länder Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein hat die Laubwaldmehrung einen hohen Stellenwert. Zukünftig soll der Laubholzteil ansteigen, was auch vom WaldPlaner in der Simulation umgesetzt wird (siehe Kapitel II.4.4.1). Auch der Anteil der Mischbestände soll steigen, um den Risiken des Klimawandels besser begegnen zu können. Dabei ist die Qualitätsentwicklung in Mischbeständen ein umstrittenes Thema innerhalb der Forstwirt- und -wissenschaft. Daher sollen im folgenden Ergebnisse verschiedener Studien vorgestellt werden, die verschiedene Aspekte der Qualitätsentwicklung in Mischbeständen beleuchten. Dabei ist das Wirkungsgefüge von standörtlichen Faktoren, Baumarten, Mischungsformen und -intensitäten sowie weiterer Faktoren auf die Qualitätsentwicklung bisher nicht vollständig durchdrungen.

Von Lüpke und Spellmann (1997) untersuchten die Stabilität und das Wachstum von weitestgehend gleichaltrigen Mischbeständen aus Buche und Fichte und kamen zu folgenden Ergebnissen:

- I. Die Fichte wächst im Mischbestand mit Buche auf den untersuchten Versuchsflächen nicht stabiler als im Reinbestand, da sie gegenüber der Buche vorwüchsig ist, somit aus dem Buchengrundbestand herausragt und daher leichter vom Sturm geworfen werden kann.
- II. Die Gesamtwuchsleistung der Mischbestände ist geringer als die der Fichtenreinbestände.
- III. Die Wertleistung der Mischbestände ist aufgrund der überwiegend schlechten Buchenstammformen geringer als die der Reinbestände.

Guericke (2001) untersuchte unter anderem die Schaftformen von Buchen und Lärchen in Mischbeständen aus diesen beiden Baumarten, wobei die Lärche auf den untersuchten Versuchsflächen immer in der herrschenden Schicht zu finden war. Seine Ergebnisse weisen für beide Baumarten auffallend gegenläufige und waldbaulich unplausible Tendenzen hinsichtlich der Entwicklung der Schaftqualitäten aus. Er zieht daraus den Schluss, dass die Ausgangsqualität unterschiedlich gewesen sein muss. Auch sind bestandes- bzw. einzelbaumspezifische Merkmale, mit denen die Stammform beurteilt wird, insbesondere bei der Buche stark genetisch bestimmt (Richter 1999, Kleinschmit und Svolba 1996, Rau et al. 2015). Daher gibt es einen engen Rahmen, in dem sich, ausgehend von der jeweiligen qualitativen Zusammensetzung des Ausgangsbestandes, diese durch intensive waldbauliche Bestandespflege beeinflussen lässt (Guericke 2001, Wiedemann 1951).

Die Schaftqualität von Buchen in Buchen-Douglasien-Mischbeständen war Gegenstand der Untersuchung von Fricke (2010). Er vergleicht auf gleichen Standorten gleichaltrige Mischbestände aus Buche und Douglasie mit Buchenreinbeständen, wobei das Bestandesalter zwischen 75 und 145 Jahren lag. Seine Ergebnisse zeigen, dass die Qualität der Buchenschäfte im Mischbestand geringer ist als im Reinbestand. Dies führt er auf das positiv phototrope Sprosswachstums der Buche zurück. Da das Licht in Mischbeständen aufgrund des unterschiedlichen Höhenwachstums (ungleichmäßige räumliche Struktur) nicht immer über dem Stammfußpunkt einfällt, krümmt sich die Buche zur Lichtquelle hin. Auch ist die Buche in den analysierten Mischbeständen astiger, da deren Astreinigung aufgrund geringerer interspezifischer Konkurrenz schlechter ist als im Reinbestand. Ebenso wird die Kronenentwicklung der Buche durch die höhere Douglasie gehemmt und so verlagert die Buche ihre Krone nach unten, was einen geringen Kronenansatz zu Folge hat. Die Douglasie beeinflusst demnach die Qualität des Buchenholzes in Mischbeständen aus diesen beiden Baumarten negativ. Besonders bei einzelstammweiser Mischung ist die Qualität der Buche geringer als bei großflächigeren Mischungen (Gruppe/Horst).

Bayer et al. (2013) sowie Dieler und Pretzsch (2013) untersuchten die Entwicklung der Kronen von Buche und Fichte in Mischbeständen. Dabei zeigten sich klare Unterschiede der Kronen im Rein- und Mischbestand. Bei Fichte in Mischung mit Buche sind die Äste der Fichte länger und das Kronenvolumen größer als im Reinbestand. Bei Buche in Mischung sind deren Astwinkel geringer, sie ist deutlicher verzweigt und das Kronenvolumen ist größer als im Reinbestand (Bayer et al. 2013). Auch Dieler und Pretzsch (2013) zeigten, dass die Fichtenkronen im Mischbestand größer sind als im Reinbestand. Allerdings stellten sie fest, dass bei Buchenkronen im Mischbestand die Größenentwicklung verzögert ist und sie meist kleiner sind als im Reinbestand. Sie konnten keinen Effekt der Beimischung der Buche zur Fichte auf die Kronenformentwicklung der Fichte nachweisen. Allerdings wird die Wachstumsgeschwindigkeit sowie die Formentwicklung der Buche in Mischung durch die Fichte beeinflusst, sodass der Plumpheitsgrad (Verhältnis von Kronendurchmesser zu Kronenlänge) der Buche im Mischbestand größer ist als im Reinbestand (Dieler und Pretzsch 2013).

Pretzsch und Rais (2016) vergleichen in ihrem umfangreichen Aufsatz die Holzqualität in Misch- mit derjenigen in Reinbeständen. Zunächst stellen sie heraus, dass die Mischung nicht primär die Form, Struktur und Qualität von Bäumen bestimmt. Jedoch zusammen mit der artspezifischen Plastizität bestimmt die Baumartenmischung die strukturelle Heterogenität des Bestandes. Diese ist

in Mischbeständen (vielfältige, unregelmäßigere Strukturen) oftmals höher als in Reinbeständen (homogenere Strukturen) und in ungleichaltrigen höher als in gleichaltrigen Beständen. Auch ist die Spanne der Ausprägung von Holzmerkmalen weiter, je variabler die Bestandesstruktur ist. Weiterhin gibt es prinzipiell keinen Unterschied in der Wachstumsreaktion von Einzelbäumen im Rein- oder Mischbestand, allerdings sind die Umgebungsbedingungen verschieden und somit sind die Ressourcenverfügbarkeit sowie die Reaktionen darauf variabel. Als Hilfsvariablen zur Beschreibung der Qualität kann die Anzahl sowie die Größe von Astnarben dienen, denn sie senken insbesondere beim Nadelholz die Festigkeiten ab. Allerdings gibt es bisher keine Studien zur Baumartenmischung und das Auftreten von Astnarben, daher ist ein weiterer Proxy die Astigkeit, denn die Aststärke ist stark mit der Astnarbe korreliert. Da es allometrische Zusammenhänge zwischen Krone und Ast gibt, kann der Effekt der Mischung auf die Kronenfläche sowie den Kronendurchmesser und damit auf die Astigkeit untersucht werden. Der Schlankheitsgrad (h/d -Verhältnis) zur Beschreibung der Schaftform kann ebenfalls als Hilfsvariable fungieren, denn weite Verbände führen zu weniger schlanken Bäumen (hohes h/d -Verhältnis) (Rais 2016). Die Schaftform ist im Allgemeinen ein guter Indikator für die Holzqualität, wobei die soziale Stellung des Baumes zu beachten ist. Nach Pretzsch und Rais (2016) beeinflussen die kleinräumigen Gegebenheiten, denen ein Baum innerhalb des Bestandes ausgesetzt ist, intensiv seine eigene strukturelle Entwicklung. Daher teilen sie die Baumarten getrennt nach ihrer Plastizität und der räumlichen Situation in 6 Kombinationen ein. Dabei sind Baumarten mit geringer Plastizität Fichte, Douglasie, Bergahorn oder Roterle, die sich durch eine hohe Apikaldominanz sowie eine senkrechte Kronenausdehnung auszeichnen. Baumarten mit hoher Plastizität sind Buche, Traubeneiche, Kiefer oder Weißtanne. Sie besitzen eine geringe Apikaldominanz, ein plagiotropes Kronenwachstum und es ist ein hoher Konkurrenzdruck notwendig, um eine ähnlich hohe Holzqualität zu erreichen wie bei Baumarten mit geringer Plastizität. Die räumliche Situation unterteilen sie in starke seitliche, vertikale und leichte Beschränkung.

Starke seitliche Beschränkung fördert das Höhenwachstum und der Kronenansatz wandert nach oben, was in einem hohen Schlankheitsgrad mündet. Der hohe Konkurrenzdruck führt zu Schäften mit wenig Astnarben, geringer Krümmung und einer hohen Holzdichte und somit hohen Festigkeiten. Dies ist bei Baumarten mit geringer Plastizität gegeben, solange die Bestände geschlossen sind oder sie mit Baumarten mit hoher Plastizität gemischt sind. Bei Baumarten mit hoher Plastizität ergeben sich irreguläre, asymmetrische Kronen und Stämme in dicht begründeten sowie in wenig oder schwach durchforsteten Beständen. Bezüglich der Holzdichte zeigte sich, dass die Mischung von Buche und Fichte die Holzdichte der Fichte erhöht, aber nicht die der Buche. Des Weiteren ist die Holzqualität von Baumarten mit hoher Plastizität (Buche) in Mischung oder nicht geschlossenen Beständen meist geringer als im Reinbestand bzw. geschlossenen Bestand (Pretzsch und Rais 2016).

Die vertikale Beschränkung beeinflusst vornehmlich Bäume in einer subdominanten Stellung im Bestand (z. B. Umbaubestände, Naturverjüngung unter Schirm). Dabei ermöglicht eine höhere vertikale Struktur einen höheren Lichteinfall, in dessen Folge sich der Kronenbereich in Mischbeständen weiter unten befindet als in Reinbeständen. Auch führt eine verringerte Konkurrenz, d. h. mehr Licht für den betrachteten Baum beispielsweise in der Naturverjüngung, zulasten des Durchmesserwachstums zu einem gesteigerten Höhenwachstum bis er die herrschende

Schicht erreicht hat. Danach nimmt das Durchmesserwachstum im Vergleich zum Höhenwachstum wieder zu. Dieser Wechsel von Höhen- und Durchmesserwachstum sowie Kronenexpansion führt in Beständen mit komplexen Strukturen oder Mischbeständen zu geringeren Holzfestigkeiten als in Reinbeständen oder geschlossenen Beständen. Bäume mit geringer Plastizität in subdominanter Stellung und hoher Schattentoleranz können lange in dieser sozialen Stellung verbleiben (z. B. Fichte unter Fichte oder Fichte/Buche/Tanne). D. h. das Höhenwachstum ist gering, allerdings nehmen Stamm- und Kronendurchmesser allmählich zu. Wenn Bäume mit hoher Plastizität im Unterstand ohne Seitendruck wachsen, können sich im Rein- sowie im Mischbestand lange und weite Kronen (Buchenprotz), ggf. exzentrische Kronen bilden (Pretzsch und Rais 2016).

Bei geringem Seitendruck wird das Wachstum der Krone und das Durchmesserwachstum zulasten des Höhenwachstums angeregt. Allerdings sinkt ggf. das h/d-Verhältnis und die Holzdicke bei gleichzeitiger Zunahme der Astigkeit und Krümmung. So sind in stark durchforsteten Reinbeständen aus Fichte und Douglasie oder in Mischung mit Kiefer bzw. Lärche geringere h/d-Verhältnisse von Baumarten mit geringer Plastizität festzustellen, was ein Hinweis auf geringere Festigkeiten ist. Auch nehmen Kronenlänge, Kronenprojektionsfläche, Astdurchmesser und -länge bei diesen Baumarten zu und damit deren Astigkeit. In stark durchforsteten Buchenreinbeständen oder in Mischbeständen aus Buche und Lärche bilden sich große Kronen aus, welche teilweise extrem zu einer Seite wachsen, woraus sich wiederum ein exzentrischen Stamm bilden kann. Da die intraspezifische Konkurrenz bei Buche höher ist als die interspezifische, bedeutet die Mischung der Buche mit anderen Arten eine geringere Konkurrenz. Darauf reagiert sie mit einer größeren Krone, stärkeren, längeren und mehr Ästen sowie größeren Astnarben. Die Baumartenmischung führt bei Buche und Eiche zu exzentrischen, bei Fichte zu zentrischen Kronen, was direkte Auswirkungen auf die Astigkeit und die daraus resultierenden Astnarben hat (Pretzsch und Rais 2016).

Im Gegensatz zu Pretzsch und Rais (2016) konnten Benneter et al. (2018) keinen Unterschied zwischen Rein- und Mischbeständen bezüglich der Qualität feststellen. Sie schlussfolgern, dass die Baumartendiversität nicht der Haupteinflussfaktor für die Entwicklung der Stammqualität auf Bestandesebene ist. Viel stärker beeinflussen Bestandesstruktur, Konkurrenz, Baumgröße und Baumkroneneigenschaften die Stammqualität in Rein- sowie in Mischbeständen (Benneter et al. 2018).

Trotz der teilweise widersprüchlichen Aussagen kann hier festgehalten werden, dass die Holzqualität in Mischbeständen meist schlechter ist als in Reinbeständen und das für ihre Entwicklung die Bestandesstruktur und die Baumartenzusammensetzung entscheidend ist. Da der Anteil der Mischbestände aus diversen Gründen zunehmen wird, wird auch die Bandbreite der Holzmerkmale und damit die der Holzqualitäten in den Beständen zunehmen.

II.6 Auswertung ertragskundlicher Versuche mit einer Analyse der Entwicklung der äußeren Schaftqualität bei Buche

Für die Analyse von Einschlagsdaten der Landesforstbetriebe von Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein hinsichtlich der Qualitäts- und Sortenverteilung stand nur ein begrenzter Zeitraum von fünf bis sechs Jahren zur Verfügung. Um den Effekt der Durchforstungsart

und -stärke auf die Qualitätseigenschaften die Einzelbäume der herrschenden Schicht zu untersuchen, wird im Folgenden die Ansprache von Qualitätsmerkmalen auf Buchen-Versuchsflächen der Abteilung Waldwachstum der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt analysiert.

II.6.1 Material und Methoden

II.6.1.1 Versuchsflächen

Die Ansprache verschiedener Qualitätsmerkmale auf ertragskundlichen Versuchen findet i. d. R. alle 20 Jahre statt. In die Analyse gehen Flächen mit entsprechend langer Beobachtungsdauer als auch jüngere Versuche ein. In Tabelle 25 ist eine Übersicht der analysierten Versuche getrennt nach Behandlung sowie weiteren Faktoren zu finden. Da die meisten Versuche eine Nullfläche aufweisen wird die Grundflächenentwicklung dieser Flächen mit der maximalen Bestandesgrundfläche nach Würdehoff (2016) verglichen, um beurteilen zu können, ob sich die Bestandesgrundfläche der Nullfläche im Bereich der maximalen befindet.

Der Versuch Hochstift 616B/618A befindet sich in Nordrhein-Westfalen (siehe Abbildung 71) und wurde 1898 erstmals aufgenommen (siehe Tabelle 25). Zu diesem Zeitpunkt hatte der Bestand ein Alter von 52 Jahren, wobei er aus Naturverjüngung entstanden ist. Dies deckt sich mit Ergebnissen von Paar et al. (2011), die für den Zeitraum von 1843 bis 1862 eine vergleichsweise häufige und starke Fruktifikation der Buche nachweisen konnten. Allerdings ist die Parzelle mit mäßiger Plenterdurchforstung zum Teil durch Pflanzung begründet worden und der Boden ist stärker vergleyt als auf den anderen Flächen des Versuches. Die letzte Aufnahme fand Ende 2015 im Bestandesalter von 169 Jahren statt. Im Zeitraum von 1898 bis Ende 2015 wurden diverse Qualitätsmerkmale viermal auf allen drei Parzellen des Versuches angesprochen. Der Standort wird in der Versuchsakte als mäßig trocken bis mäßig frisch mit mittlerer Nährstoffversorgung (im Unterboden nährstoffreich) beschrieben (siehe Tabelle 26). Als Bodentyp wird ein mittelgründiger Pseudogley aus verbraunter Rendzina im Übergang zu Kalksteinbraunlehm angegeben. Weiterhin befinden sich die Parzellen des Versuches in ebener Lage in einer Geländehöhe von rund 320 m über Normal-Null.

Im Saarland befindet sich der Versuch Saarforst 1606, nahe der Stadt Saarbrücken (siehe Abbildung 71). Hier fand erstmals 1891 im Alter von 49 Jahren eine ertragskundliche Aufnahme statt. Der Bestand ist vermutlich aus Naturverjüngung entstanden. Die letzte Aufnahme stammt aus dem Jahr 2014, in einem Bestandesalter von 171 Jahren. Auf den insgesamt 7 Parzellen fanden jeweils 3 Qualitätsansprachen statt. Die Bestände stocken auf frischen, tiefgründigen, basenarmen, schwach pseudovergleyten Braunerden mit mittlerer Nährstoffversorgung an einem mäßig geneigtem Hang mit südlicher bis südöstlicher Ausrichtung (siehe Tabelle 26). Die Parzellen 6 und 7 wurden gekalkt und werden daher nicht in die Analyse mit eingebunden.

Der Durchforstungsversuch Herborn 1333A2 ist im Lahn-Dill-Bergland gelegen (siehe Abbildung 71). Die 6 Parzellen wurden bisher 14 mal ertragskundlich aufgenommen (1952 – 2012, vorherige Aufnahmen gingen verloren), wobei die Qualität der Buchen dreimal erfasst wurde. Der Bestand ist aus Naturverjüngung hervorgegangen. Die Bestände hatten bei der ersten noch erhaltenen Ansprache ein Alter von 56 Jahren und liegen zum Großteil an einem nach Norden bzw.

Nordwesten ausgerichteten, mäßig geneigten Oberhang (siehe Tabelle 26). Der Standort wird als mittel (nachsaffend) bis gut nährstoffversorgt mit guter (Hangwasser), teilweise gestörter (Stauwasser) Wasserversorgung beschrieben. Die hauptsächlich anzutreffende Bodenart ist sandiger bis grusiger Lehm bzw. Sand aus Tonschiefer bzw. Sandstein. Als Bodentyp wurde eine Braunerde ausgeschieden.

Tabelle 25: Übersicht über die analysierten Versuche, deren Parzellenanzahl je Behandlungsvariante sowie das Alter und das Jahr bei Anlage des Versuches. In Klammern die Anzahl der analysierten Parzellen je Versuch.

Versuch	Alter und Jahr bei Anlage des Versuches	Anzahl der Parzellen getrennt nach Behandlungsvariante							Summe	
		Null-fläche/ schwache Nieder- durch- forstung	Niederdurchforstung		Hochdurchforstung			weitere Varianten		
			mäßig	stark	schwach	mäßig	stark			
Hochstift 616B/618A	52 Jahre 1898	1			1		1	1 m. PDF	4 (4)	
Saarforst 1606	49 Jahre 1891	1	3	1	1		1		7 (5)	
Herborn 1333A2	56 Jahre 1952	1	1	1	2			1 m. SW	6	
Saupark 2080a	50 Jahre 1898			1	1				2	
Münden 2027j	36 Jahre 1991	1					1	1	1 s. st. HDF	4
Münden 2028j	44 Jahre 1991	1					1	3	1 s. st. und 3 g. HDF	9
Ahlhorn 106j	26-31 Jahre 1990	2					1	1	1 s. st. und 1 g. HDF	6
Unterlüß 138j	35 Jahre 1991	1					1	3	1 s. st. HDF	6
Summe		8	4	3	5	4	10	10	44	

Die Versuchsfläche Saupark 2080a befindet sich im Deister, einem Höhenzug im Norden des niedersächsischen Berglandes nahe Hannover (siehe Abbildung 71). Hier liegen zwei Parzellen die im Zeitraum von 1898 bis 2012 (Bestandesalter 50 bis 164 Jahre) aufgenommen wurden. In diesem Zeitraum wurden insgesamt 5 Qualitätsansprachen durchgeführt. Der aus Naturverjüngung entstandene Bestand stockt hier auf wechselfeuchten, mäßig versorgten sowie tiefgründigen, sandigen Lehmen aus basenarmen Silikatgesteinen am mäßig geneigten Ober- bis Mittelhang mit südwestlicher Ausrichtung (siehe Tabelle 26).

Die beiden analysierten Versuchsflächen Münden 2027j und Münden 2028j im gleichnamigen niedersächsischen Forstamt umfassen insgesamt 13 Parzellen (siehe Tabelle 25). Die Versuche wurden 1991 angelegt und bis dato insgesamt 6 bzw. 7 mal waldwachstumskundlich aufgenommen, wobei 2 Qualitätsansprachen stattfanden. Das Bestandesalter bei Versuchsanlage war 36 bzw. 44 Jahre und sie sind aus Naturverjüngung entstanden. Die Flächen gehören zum Wuchsgebiet Süd-

Niedersächsisches Bergland im Solling. Das geologische Ausgangsgestein ist mittlerer Buntsandstein, woraus sich als Bodentyp eine basenarme Braunerde gebildet hat. Die sandig-lehmigen Böden sind frisch bis vorratsfrisch und mäßig bis ziemlich gut mit Nährstoffen versorgt. Die Versuchsflächen befinden sich an einem nach Nord-Nordwesten ausgerichteten, steilen Schatthang (siehe Tabelle 26).

Vom Buchendurchforstungsversuch Ahlhorn 106j wurden 6 Parzellen untersucht. Der Versuch liegt im Wuchsgebiet Ems-Hase-Hunte-Geest im westniedersächsischen Tiefland (siehe Abbildung 71). Er wurde 1990 im Bestandesalter von 26 bzw. 31 Jahren angelegt und bisher 6-mal waldwachstumskundlich erfasst (2 Qualitätsansprachen, letzte bisherige Aufnahme von 2015). Der Bestand ist aus Naturverjüngung entstanden und wurde teilflächig durch Pflanzung ergänzt. Der vorherrschende Bodentyp ist podsoliierte Braunerde mit mäßiger bis ziemlich guter Nährstoffversorgung. Die Wasserversorgung schwankt zwischen schwächer wechselfeucht bis frisch – vorratsfrisch. Als Bodenart kommen zwei- bis mehrschichtige Formen aus Geschiebedecksand über Geschiebelehm bzw. Schmelzwassersand (nur südlicher Teil der Parzelle 1) vor. Dabei sind im Oberboden unterschiedlich hohe schluffige bzw. lehmige Anteile zu finden. Das Gelände ist eben. Bei Parzelle 1 wurde 2010 in einem Bestandesalter von 45 Jahren die Durchforstungsintensität im Sinne einer Variante der gestaffelten Hochdurchforstung von mäßig zu stark geändert.

Tabelle 26: Standortsinformationen getrennt nach Versuchen.

Versuch	mittlere Höhe über NN [m]	Exposition	Hangneigung [°]	Wasserversorgung	Nährstoffversorgung
Hochstift 616B/618A	320	N	1	mäßig trocken bis mäßig frisch	mittel
Saarforst 1606	310	S-SO	10 bis 11	frisch	mittel
Herborn 1333A2	563	NW-N	4 bis 9	frisch	mittel bis gut
Saupark 2080a	180	SW	9	wechselfeucht	mäßig
Münden 2027j	380	NW	21	frisch bis vorratsfrisch	ziemlich gut
Münden 2028j	380	N-NW	21	frisch bis vorratsfrisch	ziemlich gut
Ahlhorn 106j	40	NW	1	schwach wechselfeucht bis frisch - vorratsfrisch	mäßig bis ziemlich gut
Unterlüß 138j	116	W	1	mäßig frisch bis frisch, vorratsfrisch	mittel

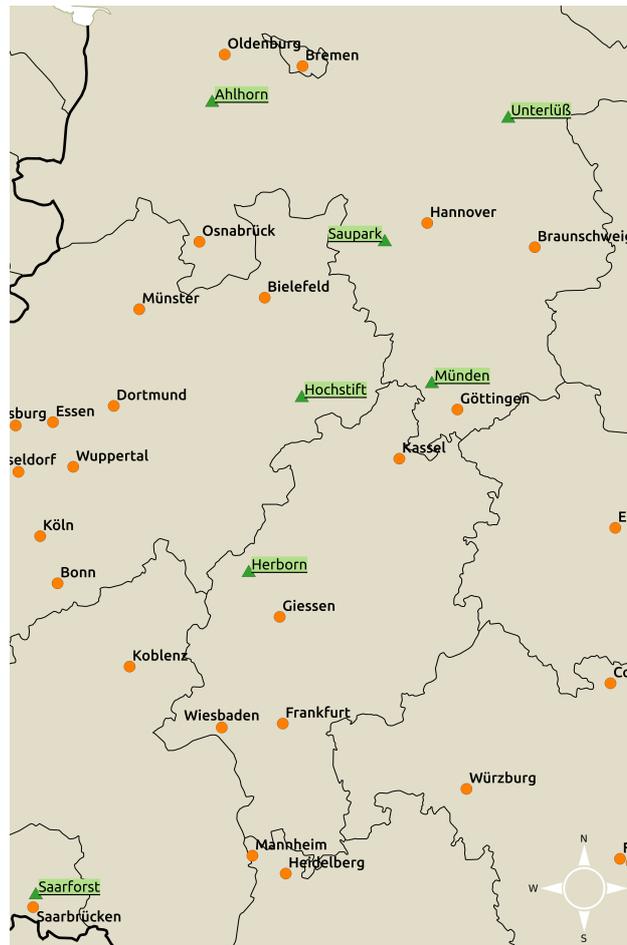


Abbildung 71: Lage der untersuchten Versuchsflächen.

Die analysierte Versuchsfläche im Forstamt Unterlüß 138j befindet sich im Wuchsbezirk Hohe Heide im ostniedersächsischen Tiefland (siehe Abbildung 71). Zum Versuch gehören 6 Parzellen in denen seit 1991 ertragskundliche Aufnahmen durchgeführt werden (2 Qualitätsansprachen, letzte bisherige Aufnahme von 2015). Das Alter der Buchenbestände betrug bei der Anlage des Versuches 35 Jahre (siehe Tabelle 25). Die Bestände stocken in ebener Lage auf mäßig frischen bis frischen und vorratsfrischen, schwach bis gut mesotroph versorgten (siehe Tabelle 26), tiefgründigen, schwach lehmigen bis anlehmigen Geschiebesanden über Sandern. Die Bestände sind aus Naturverjüngung entstanden, wurden teilweise stark geschält und wiesen infolgedessen anfangs stellenweise sehr schlechte Qualitäten auf.

II.6.1.2 Qualitätsansprache

Die Ansprache verschiedener Qualitätsmerkmale auf den Versuchsflächen erfolgt nach dem Baumklassensystem des Vereins der forstlichen Versuchsanstalten (Wimmenauer 1902) für die Baumklassen 1 und 2 (herrschende Stämme) sowie 3 (zurückbleibende, aber noch schirmfreie Stämme). Die wichtigsten Merkmale für die Buche sind Schaftform, Zwiesel, Drehwuchs und Klebäste, deren Ausprägungen abgestuft angesprochen werden (siehe Tabelle 27). Die Schaftformen wurden zusätzlich in 4 Gruppen von „sehr gut“ bis „schlecht“ eingeteilt (siehe Tabelle 28). Aus den vier Qualitätsmerkmalen wurden verschiedene Ausprägungen kombiniert, um eine von der

forstlichen Praxis äußerlich erwünschte Schaftqualität abzubilden. Erwünscht sind Buchenschäfte mit sehr guter bzw. guter Schaftform, ohne Drehwuchs und Klebäste sowie ohne Zwiesel bzw. mit Hochzwiesel.

Tabelle 27: Beschreibung und Ausprägung der aufgenommenen Qualitätsmerkmale sowie deren Wertung bei der Herleitung der Qualitätskategorie „erwünscht“

Merkmal	Ausprägung	Beschreibung	Wertung
Schaftform	gerade	zweischnüriger Schaft	positiv
	bogig (schwach, normal, stark)	eine gedachte Stammachse beschreibt einen Bogen	positiv bei schwacher Ausprägung, ansonsten negativ
	geschlängelt (schwach, normal, stark)	eine gedachte Stammachse wird mehrfach hintereinander geschnitten	
	säbelwüchsig (schwach, normal, stark)	der untere Stammabschnitt ist gebogen, der obere gerade	
Zwiesel	Hochzwiesel	befindet sich im oberen Drittel der Baumhöhe	positiv
	Mittelzwiesel	befindet sich im mittleren Drittel der Baumhöhe	negativ
	Tiefzwiesel	befindet sich im unteren Drittel der Baumhöhe	
	Zwiesel	Zwiesel vorhanden, aber ohne Höhendifferenzierung	
Drehwuchs	ja	Drehwuchs	negativ
	nein	kein Drehwuchs	positiv
Klebäste	ja	Klebäste vorhanden	negativ
	nein	keine Klebäste vorhanden	positiv

Tabelle 28: Einteilung der Schaftformausprägungen in Gruppen.

Schaftformausprägungen	Schaftformgruppe
gerade	sehr gut
schwach bogig, geschlängelt oder säbelwüchsig	gut
normal bogig, geschlängelt oder säbelwüchsig	mäßig
stark bogig, geschlängelt oder säbelwüchsig	schlecht

II.6.2 Ergebnisse

Zu Beginn wird jeweils die individuelle Entwicklung der einzelnen Versuche wiedergegeben und anschließend die Ergebnisse hinsichtlich der äußeren Schaftqualität. Wie oben erwähnt ergibt sich die erwünschte äußere Schaftqualität aus der Kombination der Parameter sehr gute bzw. gute Form des Schaftes, ohne Drehwuchs, Klebäste und Zwiesel bzw. mit Hochzwiesel. Die Aussagen zur Qualitätsentwicklung beziehen sich auf die Bäume der Klassen 1, 2 sowie 3 und demnach auf die herrschende Bestandesschicht. Allerdings werden nur Bäume analysiert, die zum Zeitpunkt der ersten Qualitätsansprache im Kollektiv der Baumklassen 1 bis 3 vorhanden waren. Somit werden

Bäume die durch eine Änderung ihrer sozialen Stellung in die untersuchten Baumklassen umsetzen nicht betrachtet.

II.6.2.1 Hochstift 616B/618A

Der Versuch Hochstift 616B/618A (ehemals Dalheim 116/118) besteht aus 4 Parzellen (siehe Tabelle 29) in einem Buchenreinbestand. Die Parzellen 1 bis 3 wurden von Schwappach angelegt, Parzelle 4 von Wiedemann 30 Jahre später (Schober 1972). Vor Anlage des Versuches wurde laut Versuchsakte nur ein einmaliger „Aushieb schlechter Formen“ durchgeführt. In der Fläche mit starker Hochdurchforstung (Parzelle 2) wurden zu Beginn 188 Z-Bäume ausgewählt und markiert. Die Bestandesspitzenhöhen⁶ der Parzellen 1 bis 3 waren im Alter 52 annähernd gleich (1: 19,4 m; 2: 19,0 m; 3: 19,6 m) und im Laufe der Beobachtung zeigten sich keine deutlichen Unterschiede zwischen diesen Parzellen (siehe Abbildung 72 a). Somit sind diese Parzellen standörtlich vergleichbar. Parzelle 4 hatte allerdings bei Versuchsanlage im Alter 82 bis zur letzten Beobachtung im Durchschnitt eine um 1 bis 2 m geringere Bestandeshöhe als die anderen Varianten.

Die Stammzahl war zu Beginn im Alter 52 bei der schwachen Niederdurchforstung höher (2510 n/ha) als bei den Hochdurchforstungsvarianten (2260 bzw. 2176 n/ha) (siehe Abbildung 72 b). Die Stammzahlen der Hochdurchforstungsvarianten liegen über den gesamten Betrachtungszeitraum erwartungsgemäß unter derjenigen der schwachen Niederdurchforstung und erreichten bei der letzten Aufnahme nur noch 40 bzw. 28 n/ha (schw. NDF 360 n/ha im Alter 169). Im Alter von 82 Jahren wies die Parzelle 4, mäßige Plenterdurchforstung nach Borggreve⁷, ähnlich hohe Stammzahlen wie die schwache Hochdurchforstung auf. Zwischenzeitlich lag ihre Stammzahl über derjenigen der Hochdurchforstungsvarianten und bestand im Alter 169 aus nunmehr 45 Bäumen pro ha. Diese geringen Stammzahlen resultieren aus den Nutzungen der vorherigen rund 20 Jahre. Vor den Endnutzungen betrug die Stammzahlen im Alter 151 bei der schwachen bzw. starken Hochdurchforstung (Parzelle 01 bzw. 02) 116 bzw. 112 n/ha, bei der Plenterdurchforstung (Parzelle 04) waren es 181 n/ha.

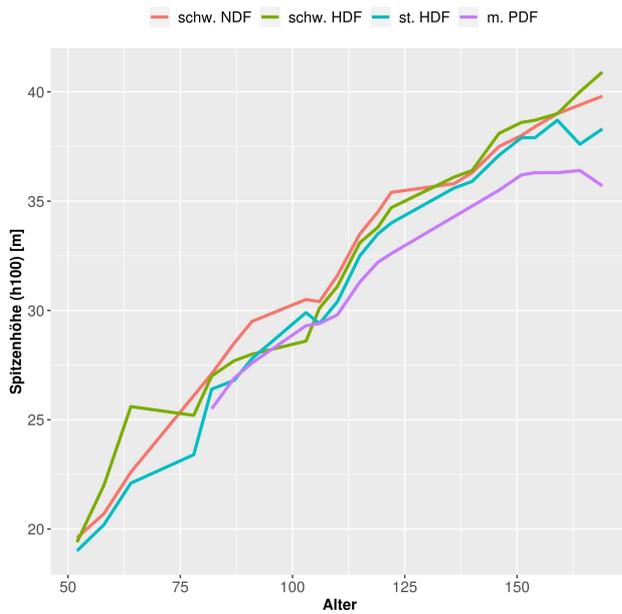
Die Ausgangskreisflächen im Alter 52 betrug 28,0 (schw. HDF), 24,8 (st. HDF) und 30,1 m²/ha (schw. NDF). Bis zum Ende der Beobachtungsdauer stieg diese bei der schwachen Niederdurchforstung bis auf 57,4 m²/ha an (siehe Abbildung 72 c) und erreichte damit für die Buche eine maximale Bestandesgrundfläche (vgl. Würdehoff 2016). Die mittlere Grundflächenhaltung bezogen auf das Alter von 52 bis 91 Jahren betrug bei den Hochdurchforstungen 27,2 (schw.) und 26,8 m²/ha (st.). Im Vergleich dazu war die mittlere Grundflächenhaltung der Plenterdurchforstung im Altersbereich von 82 bis 91 Jahren mit 24,5 m²/ha sehr viel geringer. Ab einem Bestandesalter von 103 Jahren bis zum Alter 151 stiegen die mittleren Grundflächenhaltungen auf 31,2 m²/ha (schw. HDF), 28,0 m²/ha (st. HDF) und 27,5 m²/ha (m. PDF) an. Ab Alter 151 wurden die Grundflächen der Hochdurchforstungsvarianten und der Plenterdurchforstung durch weitere Nutzungen kontinuierlich verringert und erreichten im Alter 169 Werte von 12,9 (schw. HDF), 8,3 (st. HDF) und 10,7 m²/ha (m. PDF).

6 Die Spitzenhöhe bezieht sich hier auf die 100 stärksten Bäume. Aus deren mittlerer Grundfläche wird der entsprechende Durchmesser berechnet und die dazugehörige Spitzenhöhe wird aus der Bestandeshöhenkurve entnommen.

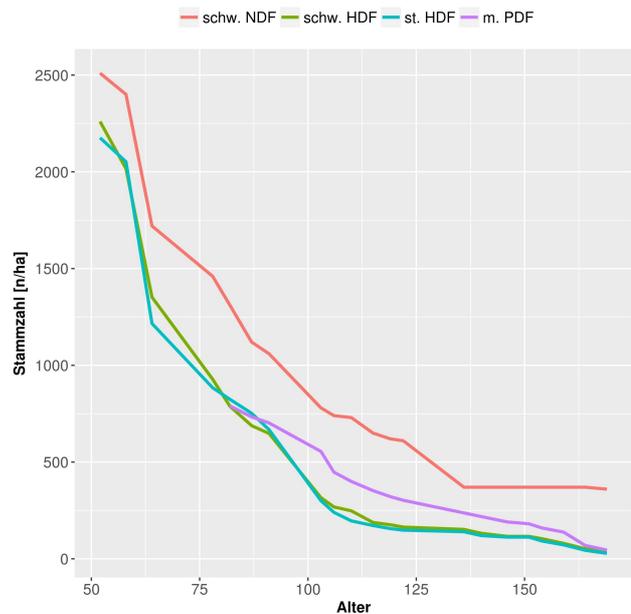
7 Entnahme der jeweils stärksten Bäume mit dem Ziel beherrschte aber entwicklungsfähige Bäume zu Nutzholzstämmen heranzuziehen, die Vornutzungen zu erhöhen und die Umtriebszeit zu verlängern (Kramer 1983).

Vom Alter 52 bis zur letzten Aufnahme im Alter 169 wurde die Parzelle 3 schwach niederdurchforstet. Ihr Derbholzvorrat betrug im Jahr 1898 216 Vfm/ha, welcher bis 2015 auf 1.126 Vfm/ha anstieg (siehe Abbildung 72 d). Die dokumentierten Nutzungen in diesem Zeitraum betragen in Summe 586 Vfm/ha. Daraus ergibt sich für Parzelle 3 eine Gesamtwuchsleistung von rund 1.712 Vfm/ha. Im Vergleich dazu ist die Gesamtwuchsleistung der anderen Parzellen um 8 % bis 32 % geringer (siehe Tabelle 29). Die Parzelle 1, schwache Hochdurchforstung, hat bei Versuchsanlage ein ähnlich hohes Volumen wie Parzelle 3, demnach sind hier die Ausgangsbedingungen diesbezüglich vergleichbar. Die starke Hochdurchforstung (Parzelle 1) hat im Alter 52 ein um 44 Vfm/ha geringeres Volumen als die schwache Niederdurchforstung, was hier auf etwas ungleiche Ausgangsbedingungen hindeutet. Erst 30 Jahre später wurde die Parzelle 4, mäßige Plenterdurchforstung, angelegt und weist für dieses Alter einen vergleichsweise geringen Derbholzvorrat auf (Parzelle 3, Alter 82, 557 Vfm/ha). Dies ist durch den vorhergehenden „rücksichtslosen Aushieb vorherrschender und herrschender Stämme“ (Schober 1972), als Wesen der Plenterdurchforstung nach Borggreve, zu erklären. Aufgrund dessen ist auch die Gesamtwuchsleistung dieser Parzelle am geringsten. Allerdings muss erwähnt werden, dass in den Jahren zwischen 1937 und 1949 der Unterstand im gesamten Versuch größtenteils in Folge des 2. Weltkrieges gestohlen wurde.

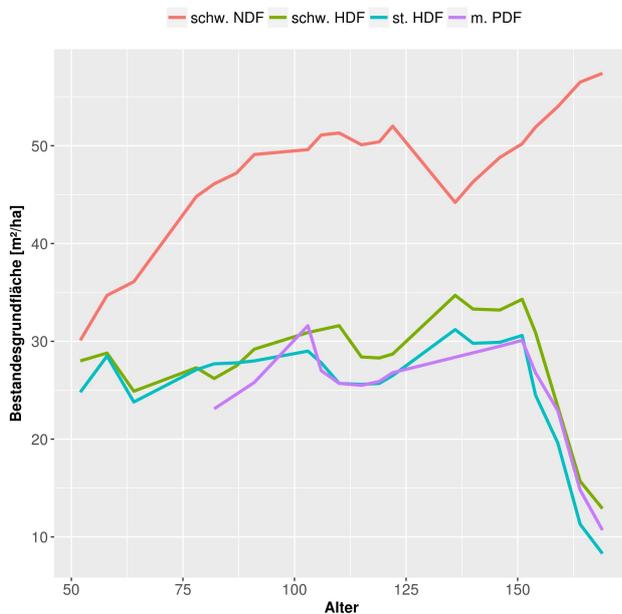
Auf Basis der Funktion zur Ermittlung der maximalen Bestandesgrundfläche nach Würdehoff (2016) und den Spitzenhöhen der Parzellen bewegen sich die mittleren natürlichen Bestockungsgrade der Behandlungsvarianten zwischen 0,49 (m. PDF) und 0,94 (schw. NDF). Eine andere Möglichkeit der Herleitung einer versuchsindividuellen maximalen Bestandesgrundfläche ist die Quantilsregression. Dabei wird hier das 95 %-Quantil der Bestandesgrundfläche in Abhängigkeit von der Spitzenhöhe der möglichst unbehandelten Fläche geschätzt. Das 95 %-Quantil wird genutzt, da damit das Modell noch verlässlich parametrisiert werden kann und die Schätzung der annähernd maximalen Bestandesgrundfläche auf dem gegebenen Standort möglich ist. Als Funktionsform dient die kumulative Weibullfunktion. Ein Vergleich zeigt, dass die globale Funktion von Würdehoff (2016) eine etwas geringere maximale Bestandesgrundfläche errechnet als das individuelle Vorgehen mittels nichtlinearer Quantilsregression (siehe Abbildung 73). Zu erkennen ist ebenfalls, wie sich die Bestandesgrundfläche der Parzelle mit schwacher Niederdurchforstung vom Alter 52 ausgehend immer weiter der theoretisch hergeleiteten maximalen Bestandesgrundfläche annähert und diese am Ende übertrifft.



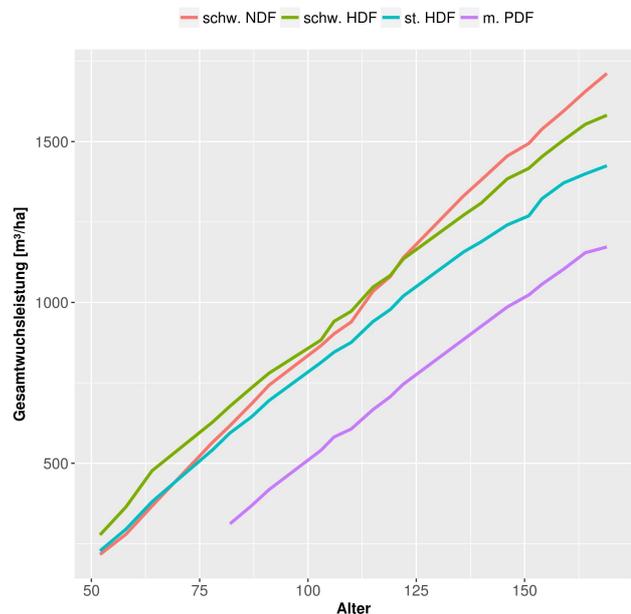
a)



b)



c)



d)

Abbildung 72: Entwicklung der Bestandesspitzenhöhe (h100) (a), der Stammzahl (b), der Bestandesgrundfläche (c) und der Gesamtwuchsleistung (d) getrennt nach Durchforstungsintensität sowie -art (schw. NDF bzw. HDF = schwache Nieder- bzw. Hochdurchforstung, st. HDF = starke Hochdurchforstung, m. PDF = mäßige Plenterdurchforstung) in der Versuchsreihe Hochstift 616B/618A.

Tabelle 29: Bestandesvolumen, Summe der Nutzungen und Gesamtwuchsleistung (GWL) bei Anlage und bei der letzten Aufnahme des Versuches Hochstift 616B/618A getrennt nach Parzelle bzw. Durchforstungsintensität sowie -art (schw. NDF bzw. HDF = schwache Nieder- bzw. Hochdurchforstung, st. HDF = starke Hochdurchforstung, m. PDF = mäßige Plenterdurchforstung).

Parzelle	Behandlung	Alter [Jahre]	Volumen [Vfm/ha]	Summe der Nutzungen [Vfm/ha]	GWL [Vfm/ha]	GWL-Anteil [%] im Vergleich zur schw. NDF
01	schw. HDF	52	212,0			
		169	274,4	1.307,6	1.582,0	92
02	st. HDF	52	171,6			
		169	165,3	1.259,6	1.424,9	83
03	schw. NDF	52	216,4			
		169	1.126,1	585,7	1.711,8	100
04	m. PDF	82	243,4			
		169	194,5	977,9	1.172,4	68

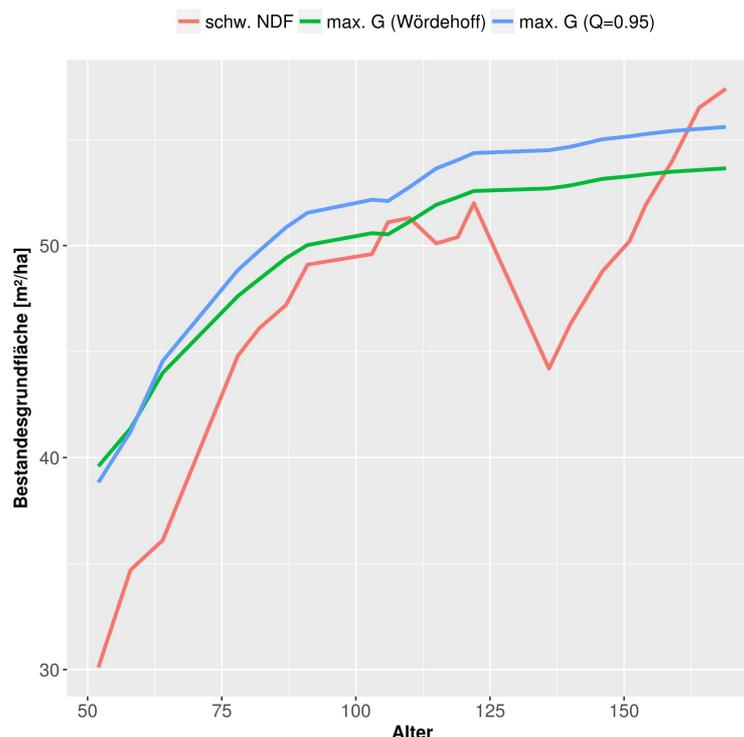


Abbildung 73: Vergleich der erhobenen Bestandesgrundflächen der Parzelle 3, schwache Niederdurchforstung (schw. NDF), mit der maximalen Bestandesgrundfläche nach Wördehoff (max. G (Wördehoff)) und dem 95 %-Quantil der nichtlinearen Quantilsregression (max. G (Q=0.95)) auf Basis der Spitzenhöhen der Parzelle 3 des Versuches Hochstift 616B/618A.

Im Zeitraum von 1953 bis 2011 bzw. im Bestandesalter von 106 bis 164 Jahren fanden vier Qualitätsansprachen statt. Wovon im Folgenden nur die ersten beiden Ansprachen (1953 und 1969) genutzt werden, da danach die Endnutzung einsetzte. Darüber hinaus haben, laut Auskunft des

Revierleiters, rund 2/3 der momentan ausscheidenden über 160-jährigen Buchen einen Rotkern, wovon rund 1/3 Spritzkern und 2/3 Rotkern aufweisen. Daher bestimmt in diesem hohen Alter nicht mehr vorrangig die äußere, sondern vielmehr die innere Qualität den ökonomischen Erfolg der Behandlung. Die qualitative Entwicklung der Buchen auf den Parzellen 1 bis 3 wird in der Versuchsakte unterschiedlich beschrieben. So ist 1953 (9. ertragskundliche Aufnahme) die Schaftform der Buchen der starken Hochdurchforstung insgesamt besser als bei der schwachen Hochdurchforstung, wobei auf beiden Flächen kurze Kronen vorherrschend sind. Bei der schwachen Niederdurchforstung sind viele Tiefzwiesel zu finden, bei der Plenterdurchforstung viele Stämme mit einem bogigen Schaft. Insgesamt erhöht sich im Laufe der Beobachtungsdauer unabhängig von der Behandlung die Gesamtqualität, wie Abbildung 74 zeigt. So beträgt der Anteil der Bäume mit erwünschter Schaftqualität auf Versuchsebene im Alter 106 39 % und steigt bis zum Alter 122 auf 48 % an. Die schwache Nieder- bzw. Hochdurchforstung weisen bei Aufnahme 9 mehr erwünschte Qualitäten auf als das Versuchsmittel (+ 18 bzw. + 16 %). Die anderen Parzellen haben geringere Anteile (- 8 bzw. - 15 %) an Bäumen mit erwünschter Schaftqualität als das Mittel bei Aufnahme 9 und sind somit qualitativ schlechter.

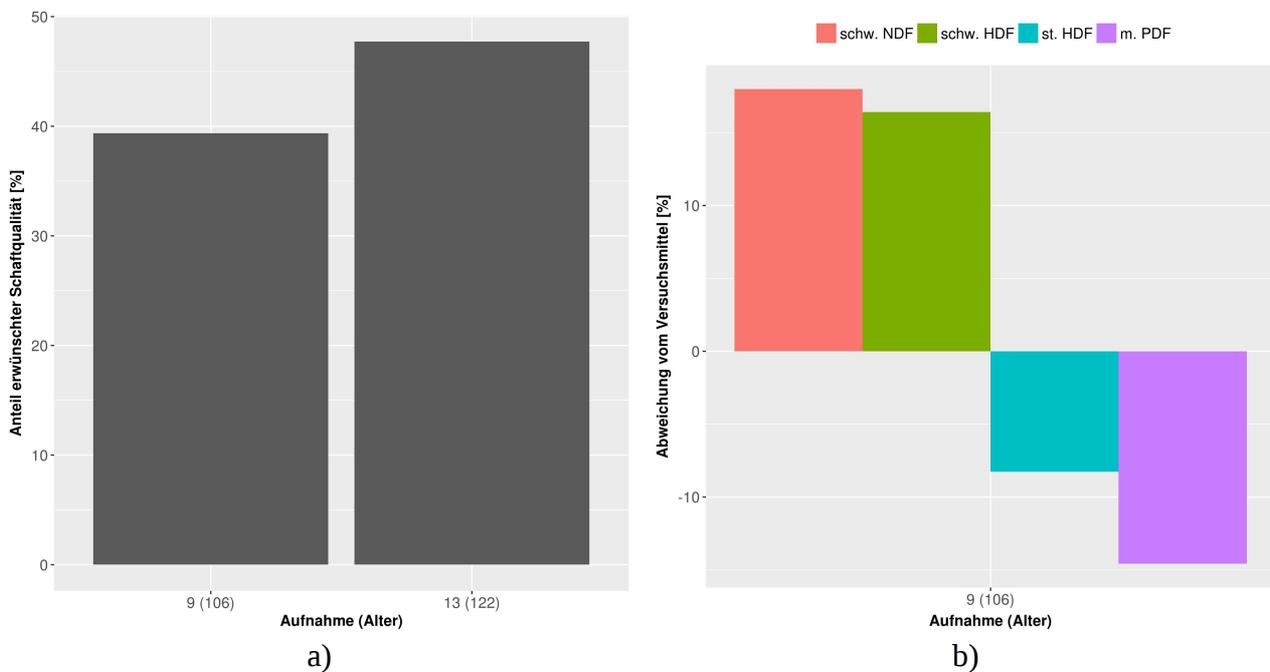


Abbildung 74: Entwicklung des mittleren stammzahlgewichteten Anteils der Bäume mit erwünschten Schaftqualität auf Ebene des Versuches Hochstift 616B/618A (a) und auf Ebene der Durchforstungsart sowie -intensität (schw., st. NDF bzw. HDF = schwache, starke Nieder- bzw. Hochdurchforstung, m. PDF = mäßige Plenterdurchforstung nach Borggreve) im Vergleich zum Versuchsmittel bei Aufnahme 9 (b).

Im Verlauf der nächsten 16 Jahre verringert sich das Kollektiv der angesprochenen Bäume. So sinkt bei der schwachen Niederdurchforstung der Anteil der Bäume mit erwünschter Schaftqualität von 57 % (Aufnahme 9) auf 38 % (Aufnahme 13) (siehe Abbildung 75 a). Das bedeutet, dass sich durch die schwache Niederdurchforstung die Qualität bei der Folgeaufnahme (13. Aufnahme) im

Vergleich zur Erstaufnahme (9. Aufnahme = 100 %) um rund 38 % verringert hat (siehe Abbildung 75 b). Im Vergleich dazu, steigt der Anteil bei der schwachen bzw. starken Hochdurchforstung leicht von rund 56 auf etwa 58 % (+ 2 %) bzw. stark 31 auf 57 % (+ 26 %) an. Was einer Erhöhung der äußeren Schaftqualität von Aufnahme 9 zu Aufnahme 13 in Höhe von etwa 4 % (schw. HDF) bzw. rund 84 % (st. HDF) gleichkommt. Auch bei der mäßigen Plenterdurchforstung kann ein Anstieg der erwünschten Schaftqualität von etwa 25 auf 48 % festgestellt werden, was gleichbedeutend mit einer Verbesserung der äußeren Schaftqualität aufgrund der Durchforstung um rund 94 % ist. Bei der schwachen Hochdurchforstung konnte somit durch die Behandlung nicht die schon vergleichsweise gute Ausgangslage stark verbessert werden. Anders hingegen bei der starken Hochdurchforstung bzw. Plenterdurchforstung. Hier wurden die Stämme mit schlechterer äußerer Schaftqualität entnommen und so eine starke Verbesserung der Qualität herbeigeführt. Allerdings waren auch die Ausgangsqualitäten geringer als bei den anderen Parzellen.

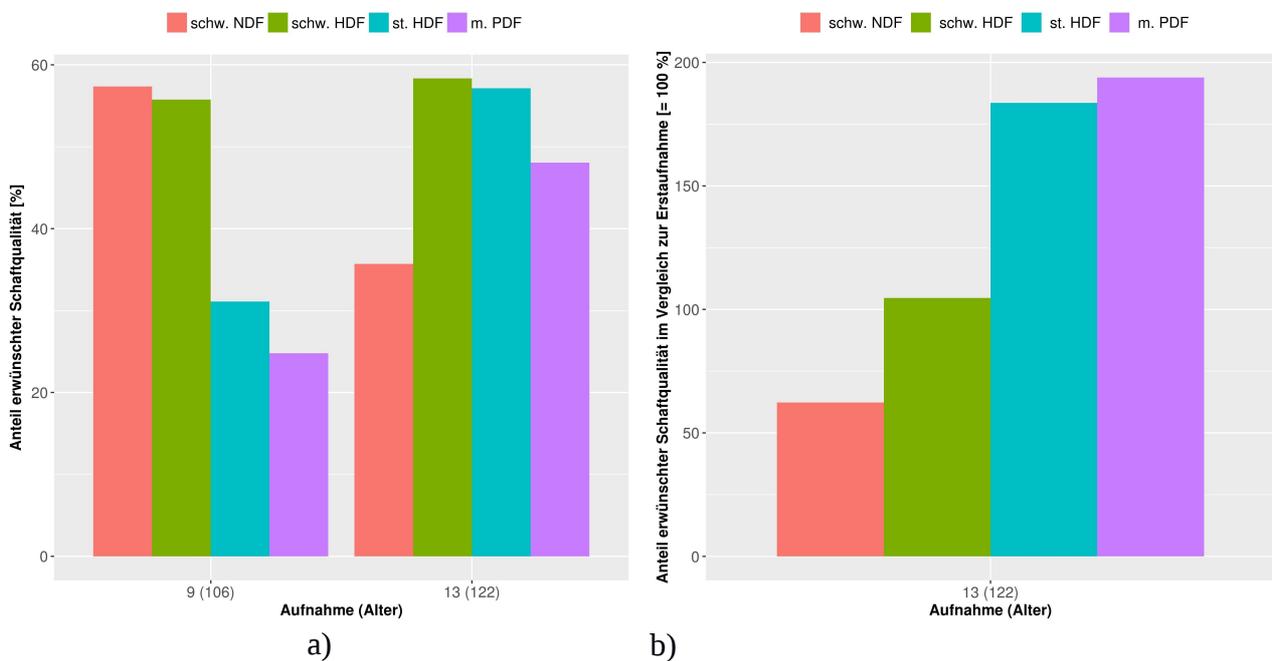


Abbildung 75: Entwicklung des Anteils der Bäume mit erwünschter Schaftqualität im Versuch Hochstift 616B/618A getrennt nach Aufnahme (Alter) und Durchforstungsintensität sowie -art (a) und der Vergleich der Folgeaufnahme mit der Erstaufnahme (b) (schw., st. NDF bzw. HDF = schwache, starke Nieder- bzw. Hochdurchforstung, m. PDF = mäßige Plenterdurchforstung nach Borggreve).

II.6.2.2 Saarforst 1606

Der Buchendurchforstungsversuch Saarforst 1606, früher Fischbach 106 (Schober 1972), umfasst insgesamt 7 Parzellen (siehe Tabelle 25). Allerdings wurden die Parzellen zu sehr unterschiedlichen Zeitpunkten angelegt. Darüber hinaus unterscheiden sie sich partiell im Standort, wurden teilweise gekalkt und erfuhren eine mehrfache Änderung der Behandlung. Im Jahr 1872 wurden 3 Niederdurchforstungsflächen (schwach, mäßig, stark) im Alter von 30 Jahren angelegt, wovon die schwache Niederdurchforstung 1891 im Alter von 49 Jahren in eine starke Hochdurchforstung

umgewandelt wurde. 1903 wurde eine vierte Parzelle mit schwacher Hochdurchforstung im Alter 61 angelegt und erst 1930 folgte im Alter von 88 Jahren die Anlage einer fünften Fläche mit schwacher Niederdurchforstung. Zusätzlich sind 1938 zwei weitere Parzellen hinzugekommen, welche unterschiedlich stark gedüngt und mäßig niederdurchforstet wurden. Allerdings sind sie standörtlich nicht mit den anderen Parzellen des Versuchs vergleichbar, da sie an einem Unterhang stocken (Schober 1972) und somit von einer entsprechenden Nährstoff- und guter Wasserversorgung durch Hangwasser profitieren. 1977 wurde der Versuch voreilig aufgegeben und so hat das damalige Forstamt stärkere Eingriffe, in den schwächer durchforsteten Partien durchgeführt. Die Wiederaufnahme des Versuches fand 1983 statt, wobei Parzelle 4, schwache Hochdurchforstung, endgültig aufgegeben werden sollte. Im weiteren Verlauf sind allerdings alle Parzellen mit dem Ziel der Untersuchung des Lichtungswuchses der Buche in der Verjüngungsphase sowie der Verjüngung selbst weiter aufgenommen worden. Aufgrund dieser wechselvollen Geschichte und der Kalkung werden im Folgenden nur 5 der 7 Parzellen im Zeitraum von 1903 bis 1972 ausgewertet.

Schon im Jahr 1903, im Bestandesalter von 61 Jahren, sind deutliche Unterschiede im Bestandesvolumen der ursprünglich drei (1872), später vier (1903) und ab 1930 fünf Parzellen festzustellen. Dies ist aufgrund der vorher durchgeführten Maßnahmen im Alter 30 bis 61 bzw. 88 nicht verwunderlich. Im Alter 130 wurde der Versuch vorschnell aufgegeben und die Gesamtwuchsleistung der fünf Parzellen bewegte sich zwischen 719 und 838 Vfm/ha (siehe Tabelle 30). Im Vergleich zur mäßigen Niederdurchforstung, Parzelle 2, lagen die Gesamtwuchsleistungen der anderen Parzellen 4 bis 18 % darunter.

Tabelle 30: Bestandesvolumen, Summe der Nutzungen und Gesamtwuchsleistung (GWL) von 1903 bis 1972 des Versuches Saarforst 1606 getrennt nach Parzelle bzw. Durchforstungsintensität sowie -art (schw., m., st. NDF bzw. HDF = schwache, mäßige, starke Nieder- bzw. Hochdurchforstung).

Parzelle	Behandlung	Alter [Jahre]	Volumen [Vfm/ha]	Summe der Nutzungen [Vfm/ha]	GWL [Vfm/ha]	GWL-Anteil [%] im Vergleich zur m. NDF
01	st. HDF	61	88,4			
		130	460,0	259,0	719,0	86
02	m. NDF	61	191,0			
		130	578,0	260,0	838,0	100
03	st. NDF	61	147,0			
		130	440,0	366,0	806,0	96
04	schw. HDF	61	57,9			
		130	369,0	316,0	685,0	82
05	schw. NDF	88	383,0			
		130	603,0	140,0	742,0	89

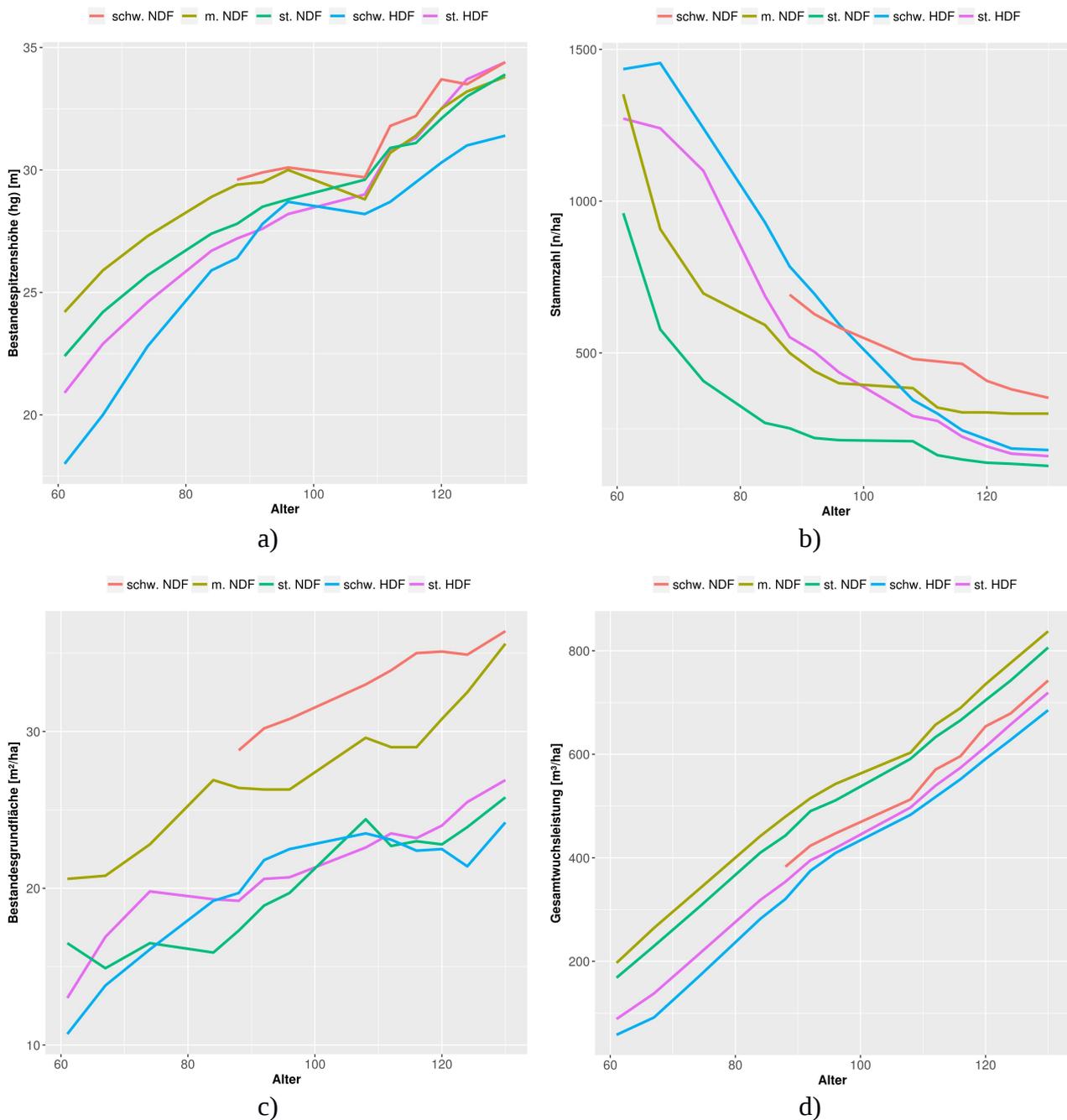


Abbildung 76: Entwicklung der Bestandesspitzenhöhe (h_{100}) (a), der Stammzahl (b), der Bestandesgrundfläche (c) und der Gesamtwuchsleistung (d) getrennt nach Durchforstungsintensität sowie -art (schw., m., st. NDF bzw. HDF = schwache, mäßige, starke Nieder- bzw. Hochdurchforstung) in der Versuchsreihe Saarforst 1606.

Die Bestandesspitzenhöhe weist im Alter 61 eine starke Spreitung auf, welche sich im Laufe der Zeit verringert (siehe Abbildung 76 a). Die Hochdurchforstungsvarianten sind im Alter 61 den Niederdurchforstungen unterlegen. Allerdings nähert sich die starke Hochdurchforstung diesen immer weiter an. Nur die schwache Hochdurchforstung erreicht aufgrund der Lage am Oberhang (trockener) nicht die Bestandeshöhe der anderen Parzellen, ist daher standortsunterlegen und somit nicht vollumfänglich mit ihnen vergleichbar. Trotz der geringeren Bestandeshöhe ist die Parzelle

mit der schwachen Hochdurchforstung im Alter 61 mit 1.435 n/ha am stammzahlreichsten und im Alter 88 mit der neu angelegten schwachen Niederdurchforstung vergleichbar (siehe Abbildung 76 b). Die starke Niederdurchforstung weist über den gesamten Zeitraum die geringsten Stammzahlen auf (960 bis 128 n/ha) und daher wird diese Parzelle zeitweise mit einer Lichtwuchsfläche verglichen (Schober 1972). Abbildung 76 c zeigt die Entwicklung der Bestandesgrundfläche getrennt nach Behandlung im Versuch Saarforst 1606. Es zeigt sich, dass mit Einführung der schwachen Niederdurchforstung diese die höchste Grundfläche besitzt und es keine kontinuierliche Staffelung in der Grundflächenhaltung gibt. Die starke Niederdurchforstung ist im Betrachtungszeitraum mit den Hochdurchforstungsvarianten vergleichbar. Die mittlere Grundflächenhaltung beträgt für den Alterszeitraum von 88 bis 130 Jahre bei der schwachen bzw. mäßigen Niederdurchforstung 33,2 m²/ha bzw. 29 m²/ha. Diese liegt bei der starken Niederdurchforstung bei 21,5 m²/ha und ist damit etwas geringer als bei der schwachen bzw. starken Hochdurchforstung (22,0 bzw. 22,5 m²/ha). Bei der Gesamtwuchsleistung liegen die schwache und die starke Niederdurchforstung über den Hochdurchforstungsvarianten sowie der schwachen Niederdurchforstung. Allerdings ist aufgrund der geringen Bestandesgrundfläche dieser Parzelle im Vergleich zu maximalen Bestandesgrundfläche (siehe Abbildung 77) davon auszugehen, dass sie vor ihrer Anlage durchforstet wurde und somit keine echte Nullfläche darstellt.

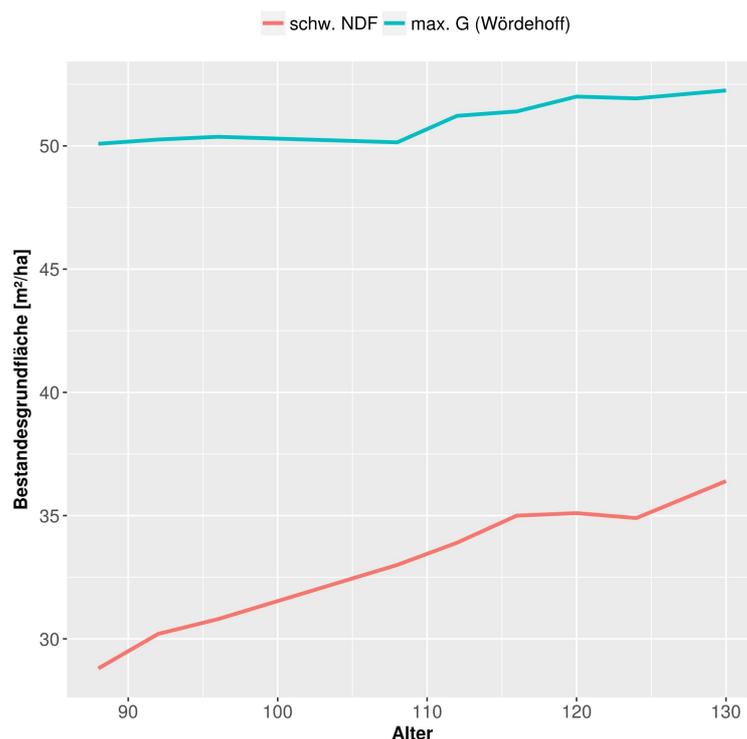


Abbildung 77: Vergleich der erhobenen Bestandesgrundflächen der Parzelle 05, schwache Niederdurchforstung (schw. NDF), mit der maximalen Bestandesgrundfläche nach Wördehoff (max. G (Wördehoff)) auf Basis der Spitzenhöhen der Parzelle 5 des Versuches Saarforst 1606.

Im Betrachtungszeitraum wurden zwei Aufnahmen mit Qualitätsansprache durchgeführt. Diese fanden 1954 und 1972 bzw. im Alter von 112 und 130 Jahren statt. Insgesamt betrachtet verringert sich das Versuchsmittel aller betrachteter Parzellen dieses Versuches im Verlauf der Aufnahmen von

60 auf 52 % (siehe Abbildung 78 a). Allerdings ist unklar, inwieweit vorherige Eingriffe zu diesem Zustand beigetragen haben. Laut Versuchsakte wird die Qualität der herrschenden Bäume auf Parzelle 1, starke Hochdurchforstung, im Jahr 1951 als „hervorragend“ eingestuft, auf Parzelle 4, schwache Hochdurchforstung, ist die Stammform „gut“. Die Qualität der Niederdurchforstungsvarianten wird als „schlecht“ (schw.), „vielfach einseitige und eingeklemmte Kronen“ (st.) und „vergleichbar mit der Hochdurchforstung“ (m.) beurteilt. Diese Beurteilung kann durch den Vergleich der Parzellenwerte mit dem Versuchsflächenmittel im Alter 112 bzw. im Jahr 1954 bestätigt werden. Die Schaftqualität des Bestandes auf den Parzellen mit starker Nieder- bzw. Hochdurchforstung ist bei Aufnahme 11 höher als der Durchschnitt (+ 7 % bzw. + 17 %). Auch die schwache Hochdurchforstung ist qualitativ besser als das Versuchsmittel zu diesem Zeitpunkt. Hingegen wird bei der schwachen und mäßigen Niederdurchforstung im Alter 112 eine geringere Schaftqualität festgestellt (siehe Abbildung 78 b). Zwischen den beiden Qualitätsansprachen verringert sich bei der schwachen sowie mäßigen Niederdurchforstung der Anteil der Buchen mit erwünschter äußerer Schaftqualität (siehe Abbildung 79 a). Gleiches gilt für die Hochdurchforstungsvarianten. Allein bei der starken Niederdurchforstung erhöht sich der Anteil der verbleibenden Buchen mit einer erwünschten äußeren Schaftqualität von rund 67 auf 81 %. Auch der Vergleich der zweiten Qualitätsansprache mit der Erstansprache zeigt, dass sich nur bei der starken Niederdurchforstung eine Verbesserung der äußeren Schaftqualität ergeben hat (siehe Abbildung 79 b).

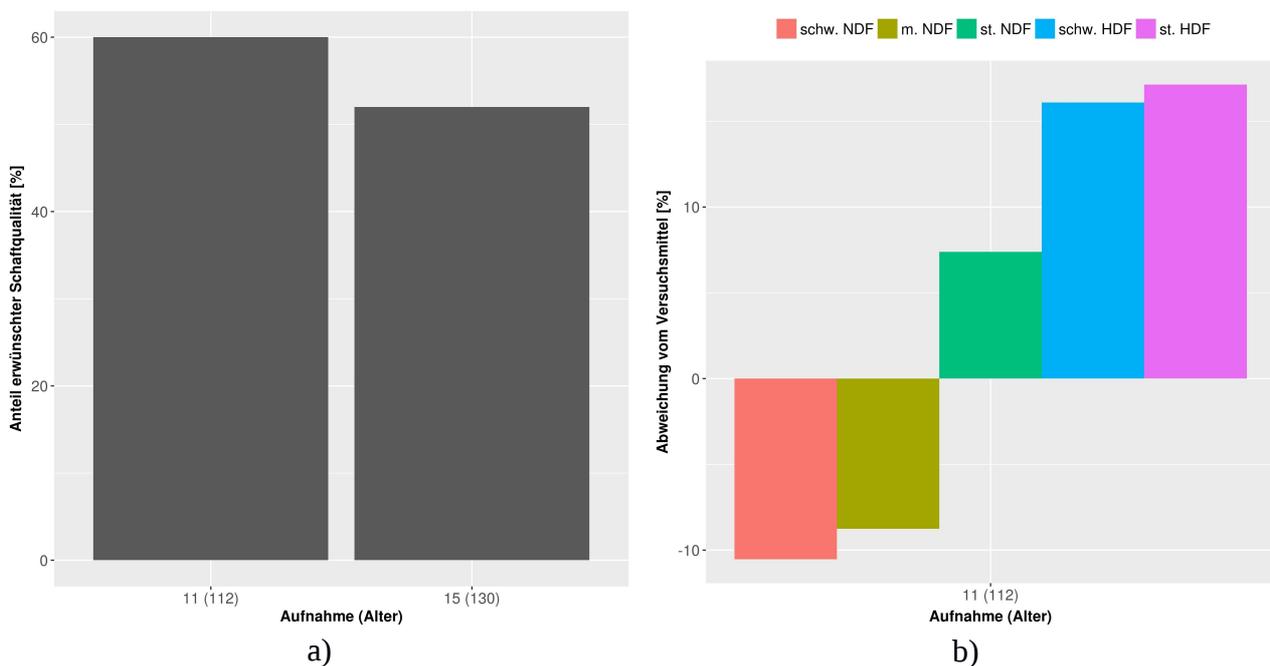


Abbildung 78: Entwicklung des mittleren stammzahlgewichteten Anteils der Bäume mit erwünschter Schaftqualität auf Ebene des Versuches Saarforst 1606 (a) und auf Ebene der Durchforstungsart sowie -intensität (schw., m., st. NDF bzw. HDF = schwache, mäßige, starke Nieder- bzw. Hochdurchforstung) im Vergleich zum Versuchsmittel von Aufnahme 11 (b).

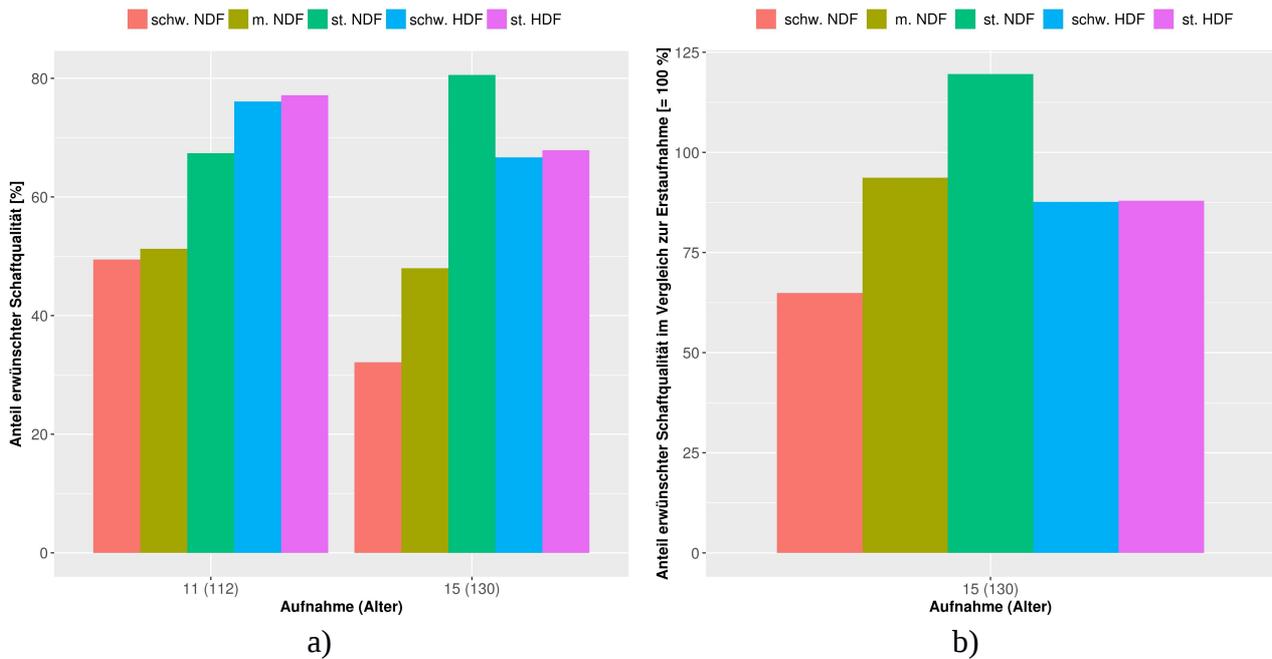


Abbildung 79: Entwicklung des Anteils der Bäume mit erwünschter Schaftqualität im Versuch Saarforst 1606 getrennt nach Aufnahme (Alter) und Durchforstungsintensität sowie -art (a) und der Vergleich der Folgeaufnahme mit der Erstaufnahme (b) (schw., m., st. NDF bzw. HDF = schwache, mäßige, starke Nieder- bzw. Hochdurchforstung).

II.6.2.3 Herborn 1333A2

Der Buchendurchforstungsversuch Herborn, früher Dillenburg 33, umfasst 6 Parzellen und wurde 1930 im Bestandesalter von 34 Jahren von Wiedemann angelegt (Schober 1972). Allerdings stehen nur Einzelbaumdaten ab 1952 (Bestandesalter 56 Jahre) zur Verfügung, da vorher jeweils nur 200 m² große Teilflächen aufgenommen wurden. Die letzten geprüften Daten beziehen sich auf die Jahre 2012 (Bestandesalter 117 Jahre) bzw. 2004 (Bestandesalter 109), da die Parzellen 02 und 06 durch Windwurf aufgegeben werden mussten. Im Bestandesalter von 56 Jahren fand Schober fast einheitliche Bestockungsdichten auf den Versuchsparzellen vor und führte daher verstärkte Eingriffe in den Hochdurchforstungen und der starken Niederdurchforstung durch. Die Bestandesvolumina waren 1952 bei der Schnellwuchsfläche und den Hochdurchforstungen am geringsten, die der Niederdurchforstungen gestaffelt nach Durchforstungsintensität höher (siehe Tabelle 31). Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse ist die Gesamtwuchsleistung der mäßigen und starken Niederdurchforstung im Vergleich zur schwachen Niederdurchforstung im Bestandesalter 109 etwa 6 bis 7 % geringer. Die anderen Durchforstungsarten haben eine ungleich geringere Gesamtwuchsleistung. Da die Durchforstungserträge dieses Versuches von 1930 bis 1952 bekannt sind (Schober 1972), kann die Gesamtwuchsleistung der einzelnen Parzellen hergeleitet werden. Dabei zeigt sich, dass sich die Niederdurchforstungen kaum voneinander unterscheiden und auch die Differenzen zu den anderen Varianten abnehmen.

In Abbildung 80 a ist die Entwicklung der Bestandesspitzenhöhe über dem Alter für den Versuch Herborn 1333A2 zu sehen. Dabei zeigt sich, dass 1952 die Spitzenhöhen der Parzellen zwischen

Tabelle 31: Bestandesvolumen, Summe der Nutzungen und Gesamtwuchsleistung (GWL) von Alter 56 bis 109 bzw. 117 des Versuches Herborn 1333A2 getrennt nach Parzelle bzw. Durchforstungsintensität sowie -art (schw., m., st. NDF bzw. HDF = schwache, mäßige, starke Nieder- bzw. Hochdurchforstung, m. SW = Schnellwuchs). In Klammern die zusätzlichen Durchforstungsmengen vom Alter 34 bis 56 (Quelle: Schober 1972) und sich daraus ergebende Gesamtwuchsleistungen sowie relative Werte im Vergleich zur schwachen Niederdurchforstung.

Parzelle	Behandlung	Alter [Jahre]	Volumen [Vfm/ha]	Summe der Nutzungen [Vfm/ha]	GWL [Vfm/ha]	GWL-Anteil [%] im Vergleich zur schw. NDF
01	schw. HDF	56	169			
		109	395	284 (+ 61)	679 (740)	85 (91)
		117	375	342 (+ 61)	718 (779)	73 (78)
02	m. NDF	56	195			
		109	469	280 (+ 34)	749 (783)	94 (97)
03	schw. NDF	56	259			
		109	657	141 (+ 13)	797 (810)	100 (100)
		117	744	236 (+13)	980 (993)	100 (100)
04	m. SW	56	150			
		109	299	325 (+ 58)	624 (682)	78 (84)
		117	318	372 (+ 58)	689 (747)	70 (75)
05	schw. HDF	56	163			
		109	330	293 (+ 100)	623 (723)	78 (89)
		117	366	344 (+ 100)	711 (811)	73 (82)
06	st. NDF	56	183			
		109	391	354 (+ 76)	745 (821)	93 (101)

17,7 und 19,2 m liegen. Diese geringe Spanne deutet auf Standortsgleichheit hin. Allerdings wird in der Versuchsakte mehrfach auf gewisse Standortunterschiede, auch innerhalb der Parzelle 04, hingewiesen. Die Stammzahlentwicklung des verbleibenden Bestandes zeigt eine deutliche Staffelung zwischen den Parzellen, was sich auch in der Bestandesgrundfläche niederschlägt (siehe Abbildung 80 b und c). Jedoch wurde die Schnellwuchsfläche nicht kontinuierlich durchforstet, sodass sich die Bestandesgrundfläche kurzzeitig derjenigen der schwachen Hoch- bzw. starken Niederdurchforstung annähert. Die Gesamtwuchsleistung der schwachen Niederdurchforstung ist allen anderen Varianten über den gesamten Zeitraum hinweg überlegen und da diese Fläche sich fast der maximalen Bestandesgrundfläche annähert (siehe Abbildung 81), kann sie zurecht als Nullfläche bzw. Referenz dienen.

Im Verlauf von 1952 bis 2012 fanden 3 Qualitätsansprachen in den Jahren 1968, 1989 und 2008 statt. Dabei erhöht sich der mittlere Anteil der Buchen mit erwünschter äußerer Schaftqualität im ganzen Versuch von etwa 30 auf 51 % (siehe Abbildung 82 a). Wobei die Ausgangsqualität der Parzellen 02 und 05 dem Mittel fast entspricht und die schwache sowie die starke Niederdurchforstung etwas schlechter abschneiden. Die Parzellen 01, schwache

Hochdurchforstung, und 04, Schnellwuchs, sind besser als der Durchschnitt zum Zeitpunkt der 5. Aufnahme (siehe Abbildung 82 b). Dies kann hier durch die teilweise sehr starke vorherige Entnahme aller schlecht geformten und schlecht bekronten Buchen erklärt werden.

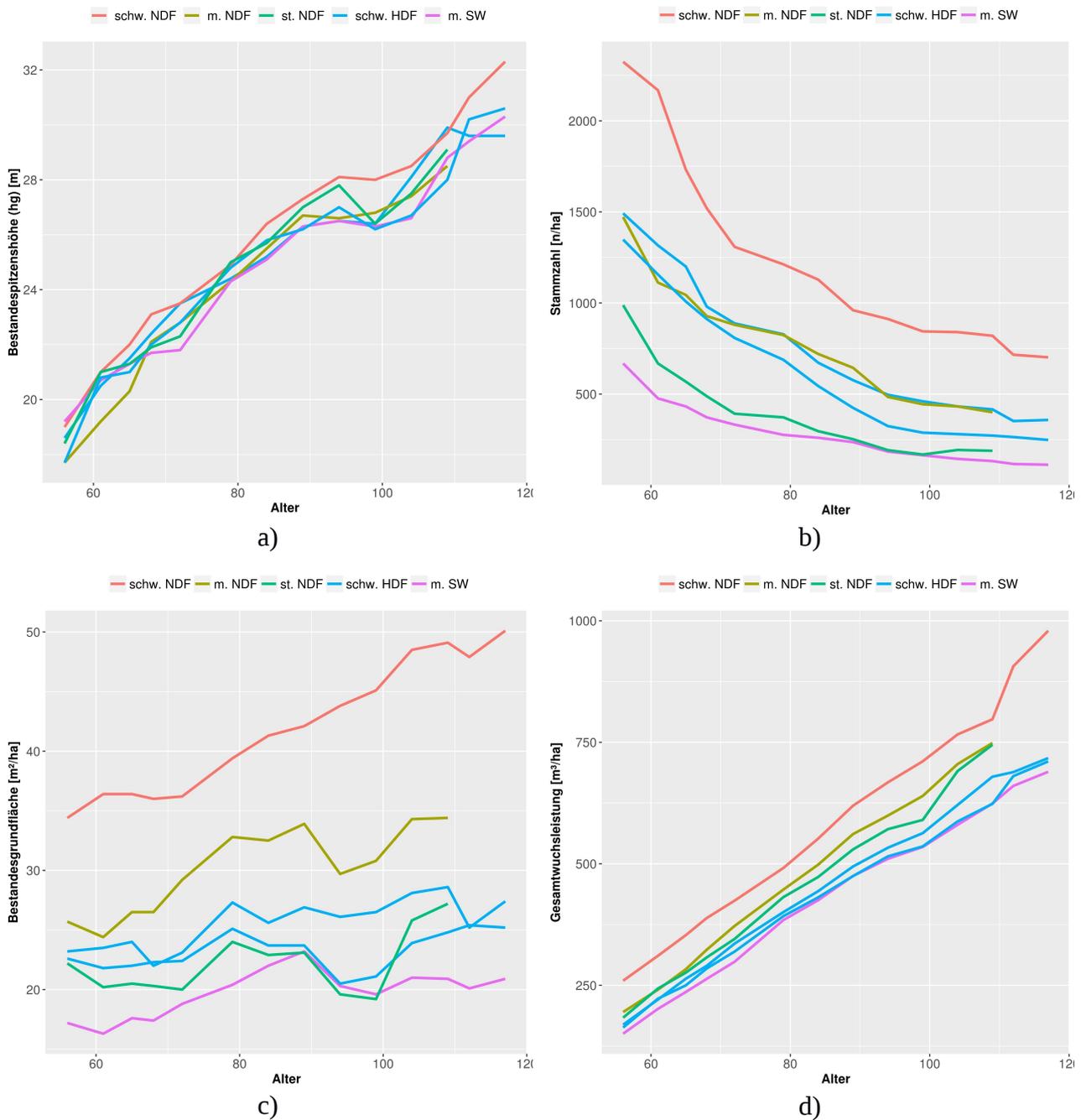


Abbildung 80: Entwicklung der Bestandesspitzenhöhe (h100) (a), der Stammzahl (b), der Bestandesgrundfläche (c) und der Gesamtwuchsleistung (d) getrennt nach Durchforstungsintensität sowie -art (schw., m., st. NDF bzw. HDF = schwache, mäßige, starke Nieder- bzw. Hochdurchforstung, m. SW = Schnellwuchs) in der Versuchsreihe Herborn 1333A2.

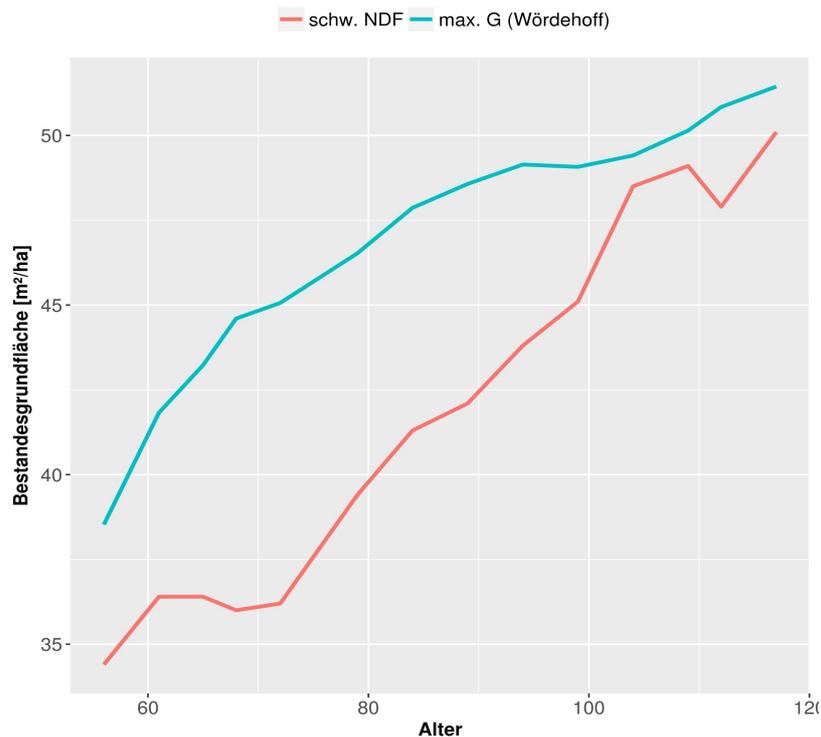


Abbildung 81: Vergleich der erhobenen Bestandesgrundflächen der Parzelle 03, schwache Niederdurchforstung (schw. NDF), mit der maximalen Bestandesgrundfläche nach Wördehoff (max. G (Wördehoff)) auf Basis der Spitzenhöhen der Parzelle 5 des Versuches Herborn 1333A2.

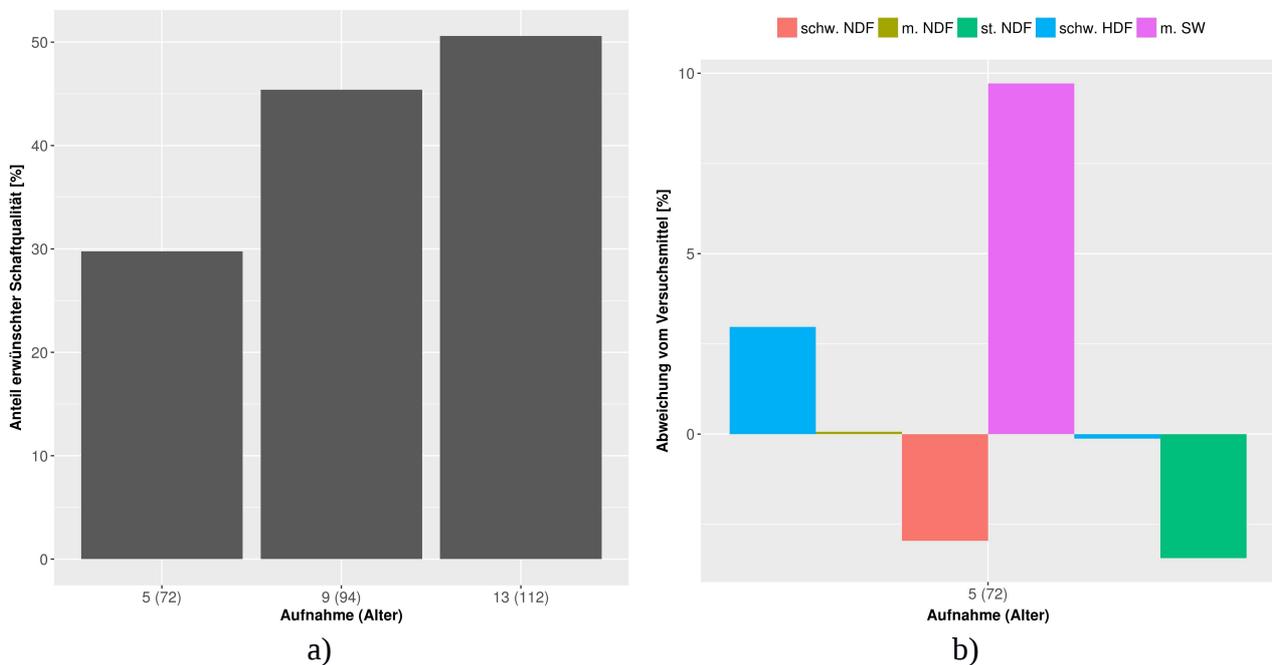


Abbildung 82: Entwicklung des mittleren stammzahlgewichteten Anteils der Bäume mit erwünschter Schaftqualität auf Ebene des Versuches Herborn 1333A2 (a) und auf Ebene der Durchforstungsart sowie -intensität (schw., m., st. NDF bzw. HDF = schwache, mäßige, starke Nieder- bzw. Hochdurchforstung, m. SW = Schnellwuchs) im Vergleich zum Versuchsmittel von Aufnahme 5 (b).

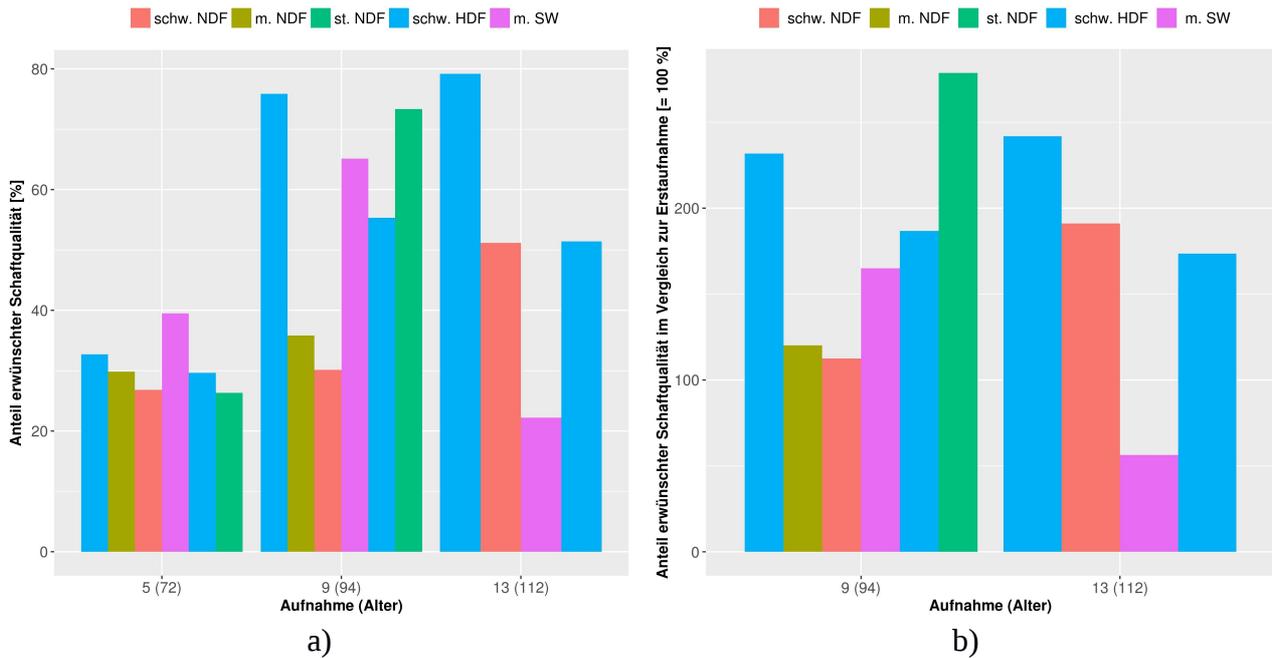


Abbildung 83: Entwicklung des Anteils der Bäume mit erwünschter Schaftqualität im Versuch Herborn 1333A2 getrennt nach Aufnahme (Alter) und Durchforstungsintensität sowie -art (a) und der Vergleich der Folgeaufnahmen mit der Erstaufnahme (b) (schw., m., st. NDF bzw. HDF = schwache, mäßige, starke Nieder- bzw. Hochdurchforstung, m. SW = Schnellwuchs)

Im Bestandesalter von 72 Jahren ist der Anteil der Buchen mit erwünschter Schaftqualität auf der Schnellwuchsfläche am höchsten (siehe Abbildung 83 a). Bei der nächsten Qualitätsansprache haben die schwache Hochdurchforstung (Parzelle 01) sowie die starke Niederdurchforstung diese überholt. Die Anteile bei der schwachen bzw. mäßigen Niederdurchforstung ändern sich hingegen in der Zeit kaum. Von Aufnahme 9 zu 13 werden die Flächen mit mäßiger sowie starker Niederdurchforstung aufgrund von Windwurf aufgegeben. Bei der letzten Qualitätsansprache gibt es im Vergleich zur Voransprache kaum eine Änderung bei den Parzellen mit schwacher Hochdurchforstung. Allerdings erhöht sich der Anteil der Bäume mit erwünschter Schaftqualität bei der schwachen Niederdurchforstung und er verringert sich stark (von 65 auf 22 %) bei der Schnellwuchsfläche. Auch der relative Vergleich der ersten Folgeaufnahme mit der Erstaufnahme zeigt keine nennenswerte Verbesserung bei der schwachen und mäßigen Niederdurchforstung, allerdings verbessert sich die Qualität in den anderen Parzellen (siehe Abbildung 83 b). Die Schnellwuchsvariante ist zunächst besser als bei der Erstaufnahme, im Alter 112 hat sich die Qualität im Vergleich zum Alter 72 stark verschlechtert. Auf den beiden Parzellen mit schwacher Hochdurchforstung haben sich die Qualitäten von Aufnahme 9 im Vergleich zu Aufnahme 5 zunächst verbessert, danach ist keine weitere Verbesserung festzustellen. Bei der schwachen Niederdurchforstung ist bei letzten Qualitätsansprache eine wesentliche Verbesserung der Schaftqualität im Vergleich zur Erstaufnahme festzustellen.

II.6.2.4 Saupark 2080a

Der Versuch Saupark 2080a, früher Deister 80b, davor Lauenau 81, wurde ursprünglich 1889 im Bestandesalter von 41 Jahren mit einer Parzelle („Staffeldurchforstung“ entspricht etwa der schwachen Hochdurchforstung) durch Oberforstmeister Kraft angelegt. 1898 wurde der Versuch von der damaligen Preußischen Forstlichen Versuchsanstalt übernommen und um eine Parzelle mit mäßiger Niederdurchforstung durch Schwappach erweitert. Allerdings ist die mäßige Niederdurchforstung aufgrund der tatsächlichen Grundflächenhaltung als starke Niederdurchforstung zu bezeichnen (Schober 1972). Von 1889 bis 1898 wurden zwei Sperrwuchsaushiebe unter Erhaltung des Unterstandes durch Kraft auf der Parzelle mit schwacher Hochdurchforstung durchgeführt und so unterscheidet sich diese Parzelle von der anderen bezüglich der bisherigen Durchforstungsbehandlung (Schober 1972) und dem Ausgangsvolumen (siehe Tabelle 32).

Tabelle 32: Bestandesvolumen, Summe der Nutzungen und Gesamtwuchsleistung (GWL) im Alter 50 und 164 des Versuches Saupark 2080a getrennt nach Parzelle bzw. Durchforstungsintensität sowie -art (schw., st. NDF bzw. HDF = schwache, starke Nieder- bzw. Hochdurchforstung)

Parzelle	Behandlung	Alter [Jahre]	Volumen [Vfm/ha]	Summe der Nutzungen [Vfm/ha]	GWL [Vfm/ha]	GWL [%] im Vergleich zur st. NDF
01	schw. HDF	50	129			
		164	140	1.172	1.312	104
02	st. NDF	50	112			
		164	106	1.153	1.259	100

Ein Vergleich der Bestandesspitzenhöhe zeigt, dass die Standortsgleichheit beider Parzellen gegeben ist (siehe Abbildung 84 a). Auch bei der Stammzahlentwicklung liegen beide Parzellen nah beieinander und daher ist die Umbenennung der ursprünglich als mäßig bezeichneten Niederdurchforstung in eine starke Niederdurchforstung gerechtfertigt (siehe Abbildung 84 b).

Die Bestandesgrundfläche der Niederdurchforstungsfläche stieg aufgrund zurückhaltender Durchforstungen stark an, bis Wiedemann diese durch einen scharfen Eingriff verringerte (siehe Abbildung 84 c). Kurz darauf stieg sie, infolge der Kriegsjahre und unterlassener Durchforstungen durch das Forstamt, auch auf der Parzelle mit schwacher Hochdurchforstung, wieder bzw. weiter an. Daher führte Schober ebenfalls scharfe Eingriffe durch, um die Durchforstungsrückstände aufzuholen. Die Durchforstungshistorie war hier somit keineswegs gleichmäßig und wurde auch durch den Diebstahl vieler zwischen- und unterständiger Buchen auf der Hochdurchforstungsfläche in den Kriegsjahren gestört. Zusätzlich wurden durch Rinden-, Schlag- und Wollausschäden zusätzliche Aushiebe abgängiger Buchen notwendig (Schober 1972). Ab etwa den 1970er Jahren konnte die Staffelung der Bestandesgrundflächen gehalten werden, wobei ab etwa Alter 130 die Endnutzung die Bestandesgrundfläche kontinuierlich verringerte. Dabei muss erwähnt werden, dass die Parzelle mit schwacher Hochdurchforstung aufgrund starker Windwurfschäden zeitweise zwischen 1978 und 1988 aufgegeben wurde. Ab 1988 stand nicht mehr die Zuwachsleistung bei einer bestimmten Durchforstungsart im Fokus der ertragskundlichen Auswertungen, sondern die

Auswirkung einer Zielstärkennutzung auf den verbleibenden Bestand und die Verjüngung. Bezüglich der Gesamtwuchsleistung zeigen sich kaum Differenzen zwischen den beiden Parzellen dieses Versuches (siehe Abbildung 84 d). Auf einen Vergleich mit der maximalen Bestandesgrundfläche wird hier verzichtet, da beide Flächen im Laufe der Zeit kontinuierlich behandelt wurden und somit keine Referenz für die standörtlich maximal mögliche Grundfläche vorhanden ist.

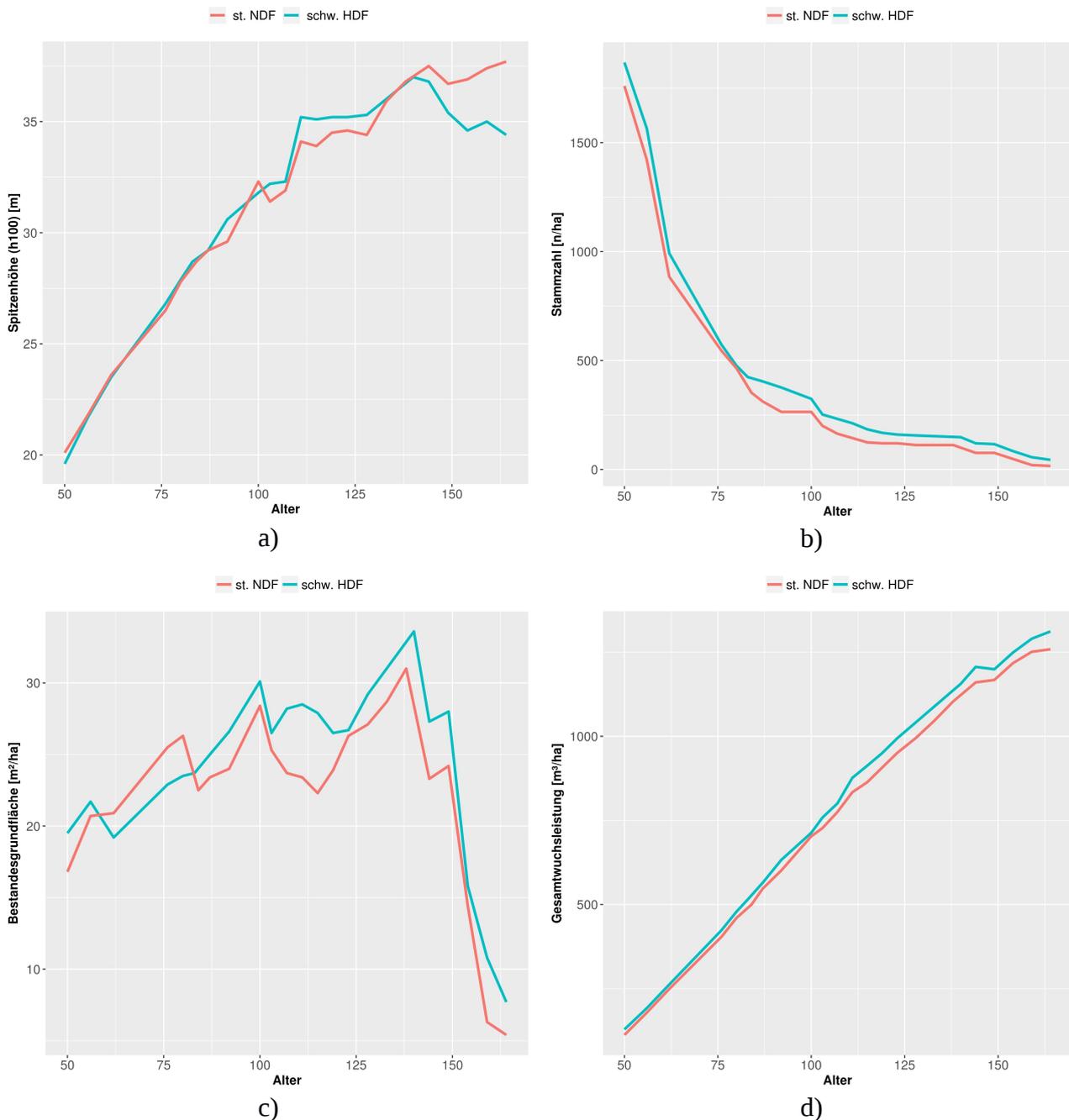


Abbildung 84: Entwicklung der Bestandesspitzenhöhe (h_{100}) (a), der Stammzahl (b), der Bestandesgrundfläche (c) und der Gesamtwuchsleistung (d) getrennt nach Durchforstungsintensität sowie -art (schw., st. NDF bzw. HDF = schwache, starke Nieder- bzw. Hochdurchforstung) in der Versuchsreihe Saupark 2080a.

Aufgrund der oben beschriebenen Historie des Versuches werden im Folgenden die Qualitätsansprachen der Jahre 1955 und 1967 ausgewertet. Auch danach wurde die Qualität der Baumklassen 1 bis 3 angesprochen, allerdings fand ein Wechsel des Versuchszieles statt und die Endnutzung der damals etwa 130-jährigen Buchen begann. Der Anteil der Buchen mit erwünschter äußerer Schaftqualität beträgt im Versuchsmittel bei Aufnahme 11 etwa 55 % und dieser verringert sich im Laufe der nächsten 12 Jahre auf rund 39 % (siehe Abbildung 85 a). Dieser Rückgang kann durch beträchtliche Schlagschäden (aus Versuchsakte 1951), genetisch bedingte schlechte Stammformen (aus Versuchsakte 1955, Aufnahme 11) sowie andere Rindenschäden durch starken Wollausbefall (1960er Jahre) erklärt werden. Der Vergleich der beiden Parzellen mit dem Versuchsmittel von Aufnahme 11 zeigt, dass die starke Niederdurchforstung etwas bessere Stammformen aufweist (+ ca. 8 %) als die Parzelle mit schwacher Hochdurchforstung (- 8,6 %) (siehe Abbildung 85 b). Dies wird auch durch die verbale Beschreibung in der Versuchsakte bestätigt (1955, Aufnahme 11, schwache Hochdurchforstung: Stammformen unbefriedigend, viele Tiefzwiesel; starke Niederdurchforstung: noch viele schlechte Stammformen). Abbildung 86 a zeigt die Entwicklung des Anteils der Buchen mit erwünschter Schaftqualität getrennt nach Parzellen bzw. Behandlung. Es zeigt sich, dass der generell abnehmende Trend sich auch auf den beiden Parzelle fortsetzt und die starken Schädigungen durch den Wollausbefall bzw. Schlagschäden die möglichen positiven Effekte der Durchforstung überdecken. Das gleiche Bild ergibt sich bei einem relativen Vergleich der Folgeaufnahme mit der Erstaufnahme (siehe Abbildung 86 b).

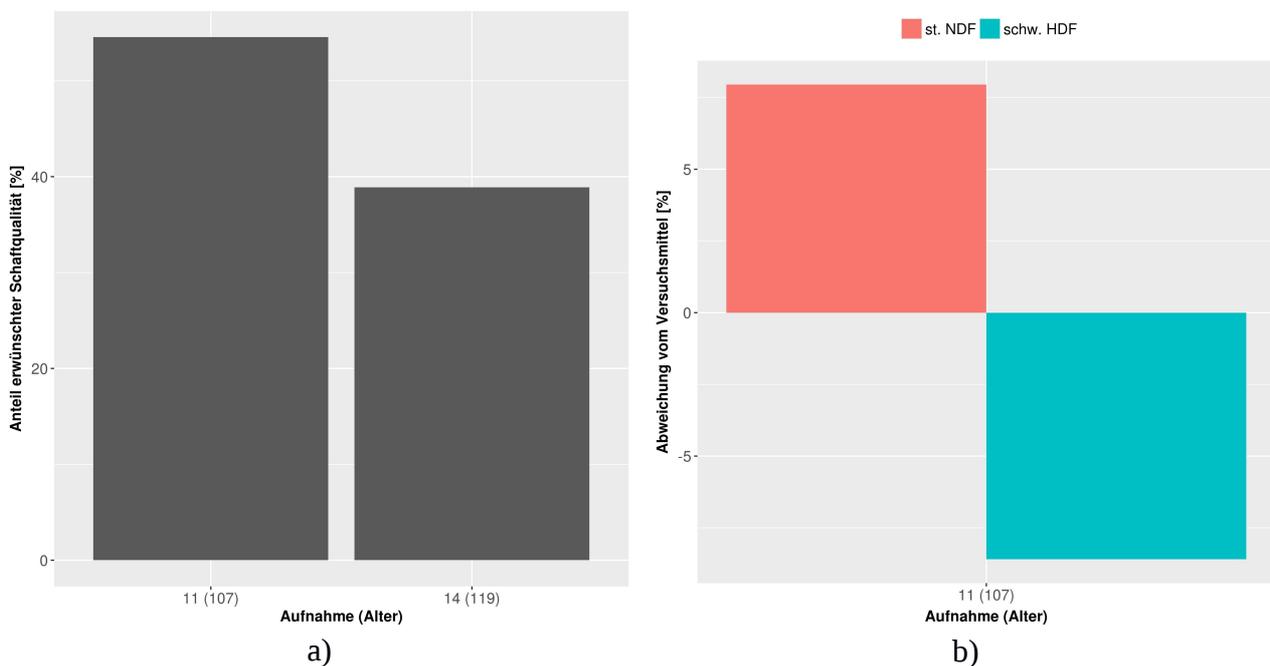


Abbildung 85: Entwicklung des mittleren stammzahlgewichteten Anteils der Bäume mit erwünschter Schaftqualität auf Ebene des Versuches Saupark 2080a (a) und auf Ebene der Durchforstungsart sowie -intensität (schw., st. NDF bzw. HDF = schwache, starke Nieder- bzw. Hochdurchforstung) im Vergleich zum Versuchsmittel von Aufnahme 11 (b).

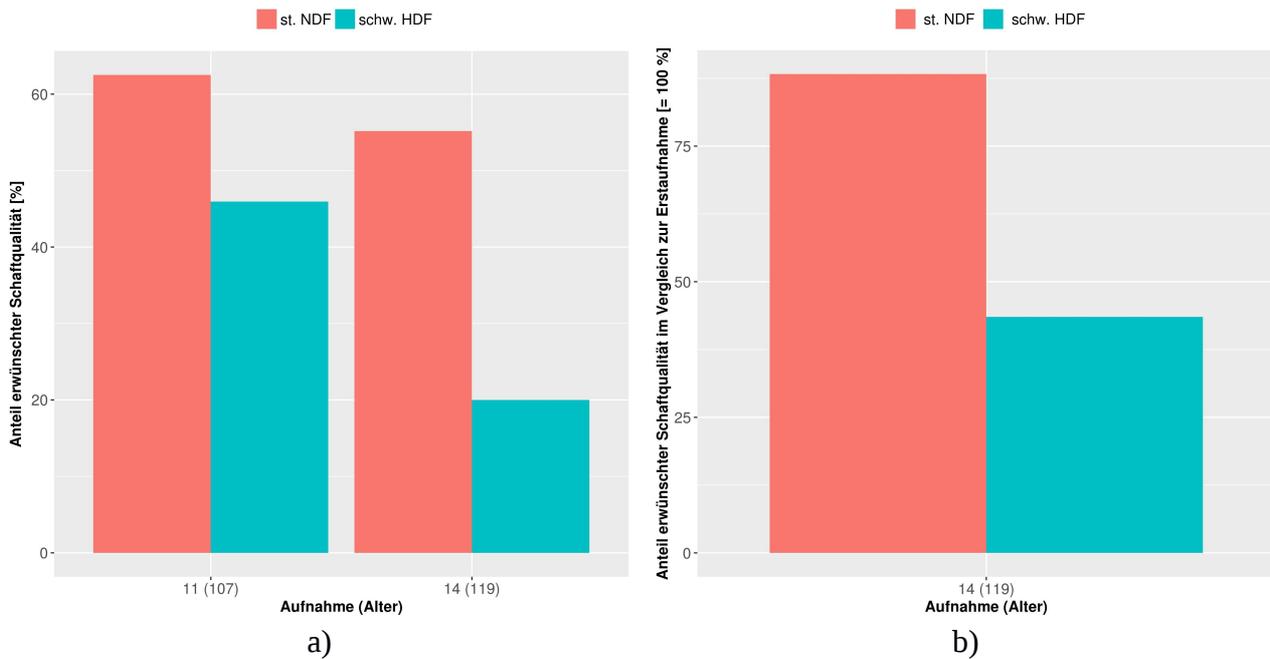


Abbildung 86: Entwicklung des Anteils der Bäume mit erwünschter Schaftqualität im Versuch Saupark 2080a getrennt nach Aufnahme (Alter) und Durchforstungsintensität sowie -art (a) und der Vergleich der Folgeaufnahme mit der Erstaufnahme (b) (schw., st. NDF bzw. HDF = schwache, starke Nieder- bzw. Hochdurchforstung).

II.6.2.5 Münden 2027j

Der Versuch Münden 2027j besteht aus 4 Parzellen, die im Alter von 34 Jahren angelegt wurden. Allerdings waren die Aufnahmen 1 und 2 nur Teilaufnahmen und daher wird hier die Entwicklung ab dem Alter 40, Aufnahme 3, betrachtet. Aufgrund der Bestandesspitzenhöhe im Alter 40 kann von gleichen Standortverhältnissen ausgegangen werden (siehe Abbildung 87 a). Die Ausgangsstammzahlen zu Beginn des Versuches lagen zwischen 1.560 und 2.733 Stück pro Hektar, ebenso ist eine Staffelung der Grundflächen von rund 14 bis 27 m²/ha zu erkennen (siehe Abbildung 87 b und c). Die Reihung der Eingriffsintensitäten besteht über den gesamten Beobachtungsverlauf fort. Die mäßige und starke Hochdurchforstung, Parzellen 01 und 04, haben mit 488 bzw. 452 Vfm/ha die bisher höchsten Gesamtwuchsleistungen erbracht (siehe Abbildung 87 d). Im Vergleich zur Nullfläche sind es 1 bis 8 % mehr Volumen, die sehr starke Hochdurchforstung liegt bezüglich der Gesamtwuchsleistung im Alter 60 11 % unter der Nullfläche. Wobei diese Parzelle auch den geringsten Anfangsvorrat aufwies (siehe Tabelle 33).

Ein Vergleich der Nullfläche mit der maximal möglichen Bestandesgrundfläche nach Würdehoff (2016) zeigt, dass sie sich immer weiter dieser annähert und damit den Charakter einer echten Nullfläche erfüllt (siehe Abbildung 88). Die Quantilsregression auf Basis der ermittelten Spitzenhöhen der Parzelle 02, deutet darauf hin, dass sie die maximale Bestandesgrundfläche in Zukunft ggf. überschreitet.

Tabelle 33: Bestandesvolumen, Summe der Nutzungen und Gesamtwuchsleistung (GWL) im Alter 40 und 60 des Versuches Münden 2027j getrennt nach Parzelle bzw. Durchforstungsintensität sowie -art (m., st., s. st. HDF = mäßige, starke, sehr starke Hochdurchforstung)

Parzelle	Behandlung	Alter [Jahre]	Volumen [Vfm/ha]	Summe der Nutzungen [Vfm/ha]	GWL [Vfm/ha]	GWL-Anteil [%] im Vergleich zur Nullfläche
01	m. HDF	40	148			
		60	324	145	487	108
02	Nullfläche	40	162			
		60	421	28	449	100
03	s. st. HDF	40	82			
		60	207	194	401	89
04	st. HDF	40	105			
		60	266	186	452	101

Die Qualitätsansprache erfolgte bisher 2 mal bei den Aufnahmen 3 und 6 im Alter von 40 und 55 Jahren. Dabei hat sich der mittlere Anteil der Bäume mit erwünschter äußerer Schaftqualität von 43 auf 42 % nur sehr leicht verringert (siehe Abbildung 89 a), man könnte auch sagen, dass er bei abnehmender Stammzahl gleich geblieben ist. Der Vergleich der Parzellenwerte mit dem Versuchsmittel bei Aufnahme 3 zeigt, dass die Fläche mit sehr starker Hochdurchforstung qualitativ besser ist als die restlichen Flächen (siehe Abbildung 89 b). Zwischen Aufnahme 3 und 6 erhöht sich der Anteil der Buchen mit erwünschter äußerer Schaftqualität bei der Parzelle mit mäßiger Hochdurchforstung und er verringert sich bei der sehr starken Hochdurchforstung. Bei den anderen Parzellen findet kaum eine Änderung statt (siehe Abbildung 90 a). Der Vergleich der Folgeaufnahme mit ersten Qualitätsansprache zeigt ebenfalls, dass sich der Anteil der Buchen mit erwünschter Schaftqualität durch die mäßige Hochdurchforstung erhöht hat, in allen anderen Parzellen hat er sich verringert (siehe Abbildung 90 b).

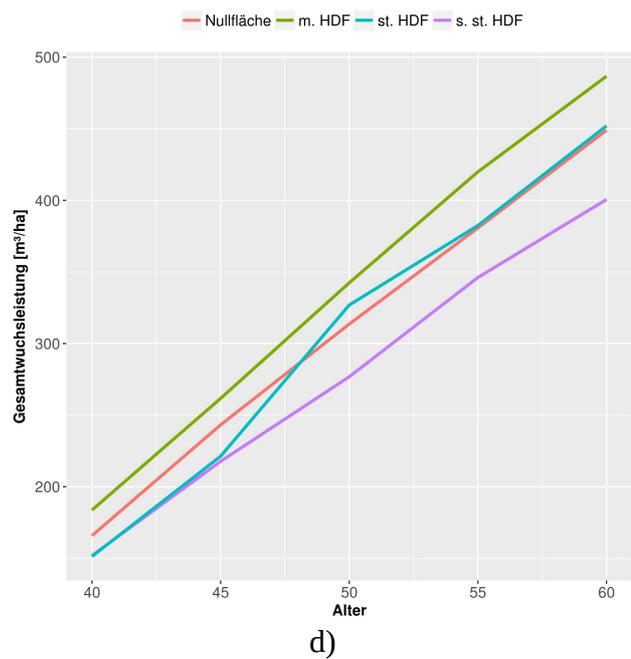
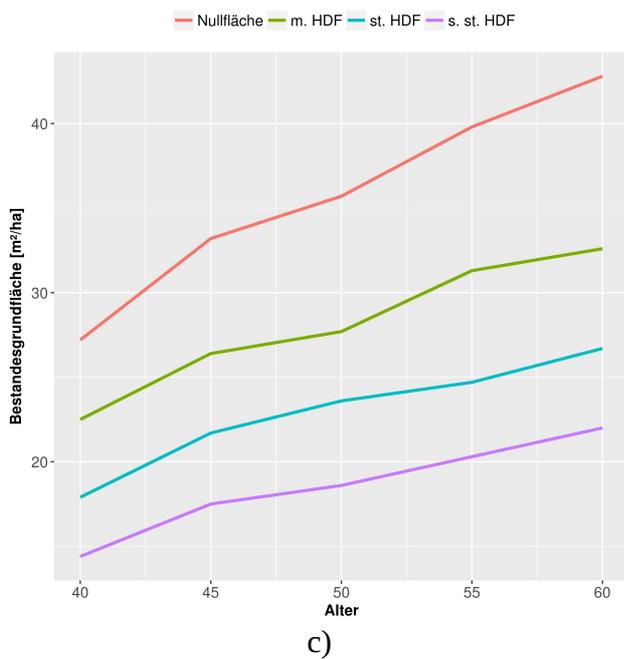
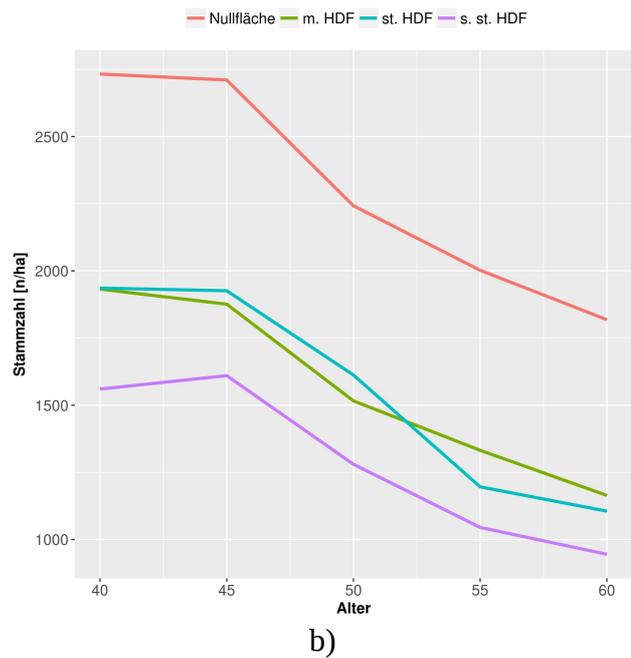
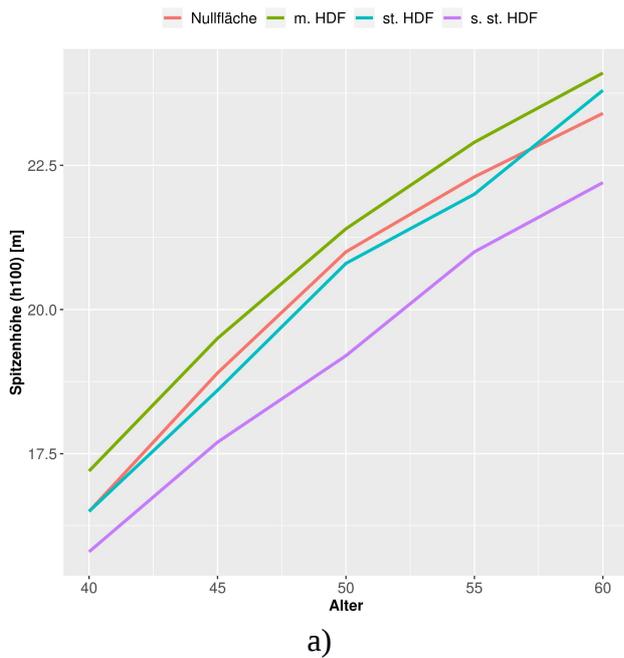


Abbildung 87: Entwicklung der Bestandesspitzenhöhe (h_{100}) (a), der Stammzahl (b), der Bestandesgrundfläche (c) und der Gesamtwuchsleistung (d) getrennt nach Durchforstungsintensität sowie -art (m., st., s. st. HDF = mäßige, starke, sehr starke Hochdurchforstung) in der Versuchsreihe Münden 2027j.

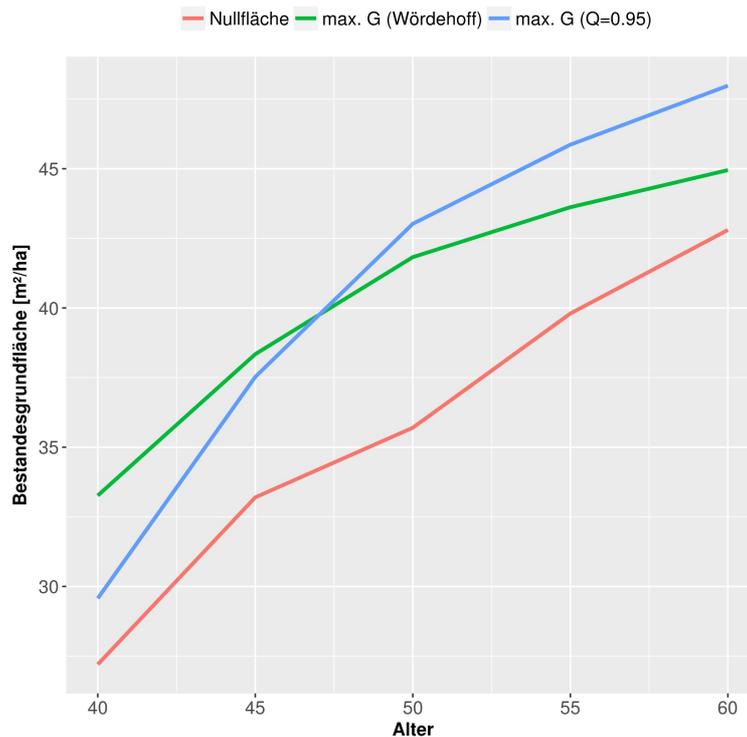


Abbildung 88: Vergleich der erhobenen Bestandesgrundflächen der Parzelle 02, Nullfläche, mit der maximalen Bestandesgrundfläche nach Wördehoff (max. G (Wördehoff)) und dem 95 %-Quantil der nichtlinearen Quantilsregression (max. G (Q=0.95)) auf Basis der Spitzenhöhen der Parzelle 02 des Versuches Münden 2027j.

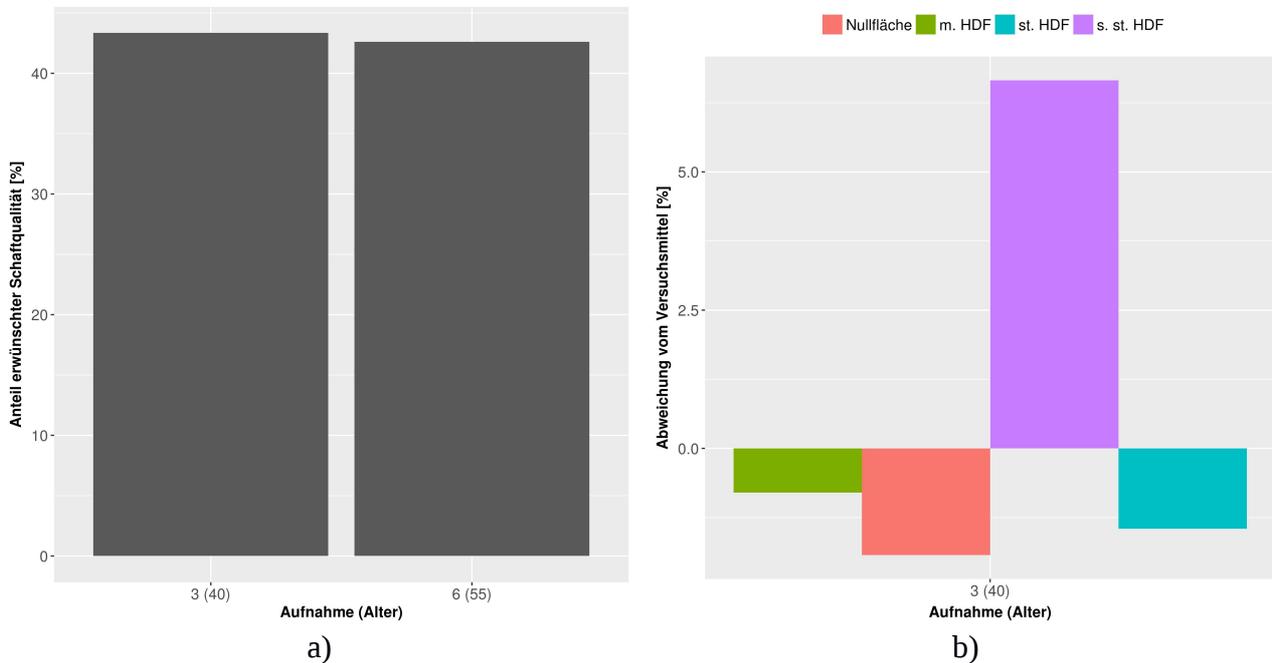


Abbildung 89: Entwicklung des mittleren stammzahlgewichteten Anteils der Bäume mit erwünschter Schaftqualität auf Ebene des Versuches Münden 2027j (a) und auf Ebene der Durchforstungsart sowie -intensität (m., st., s. st. HDF = mäßige, starke, sehr starke Hochdurchforstung) im Vergleich zum Versuchsmittel von Aufnahme 3 (b).

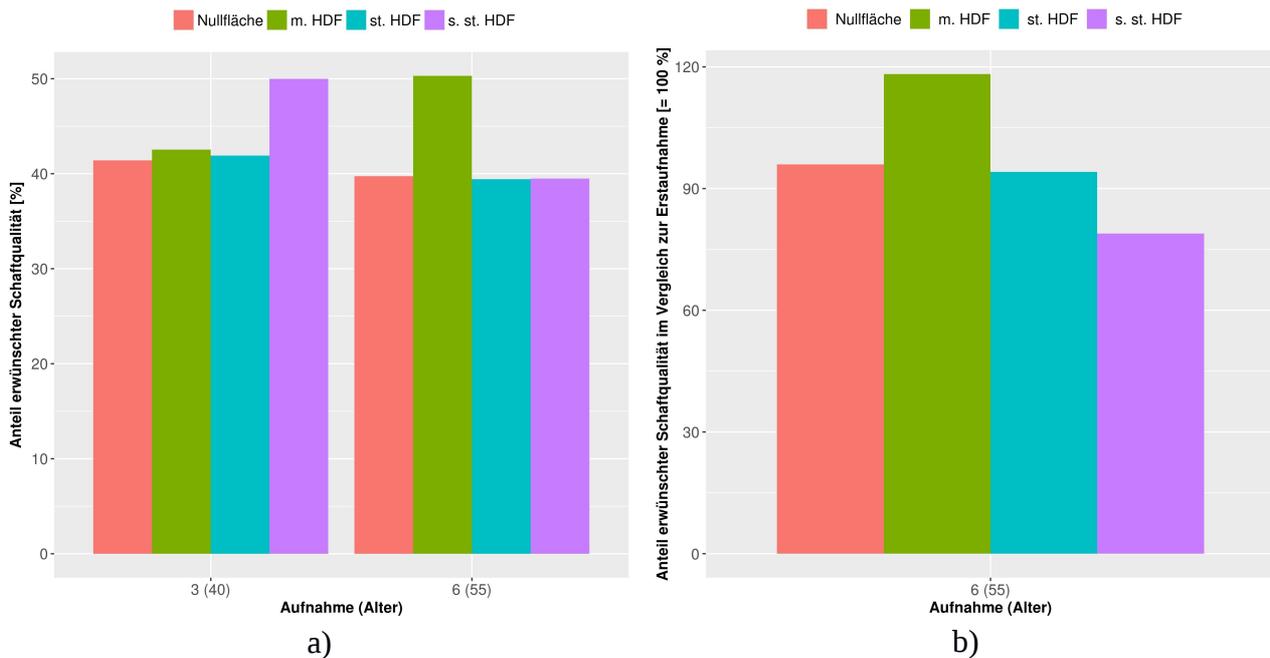


Abbildung 90: Entwicklung des Anteils der Bäume mit erwünschter Schaftqualität im Versuch Münden 2027j getrennt nach Aufnahme (Alter) und Durchforstungsintensität sowie -art (a) und der Vergleich der Folgeaufnahme mit der Erstaufnahme (b) (m., st., s. st. HDF = mäßige, starke, sehr starke Hochdurchforstung).

II.6.2.6 Münden 2028j

Der Versuch Münden 2028j besteht aus 9 Parzellen mit unterschiedlichen Behandlungen, wobei die starke und gestaffelte Hochdurchforstung jeweils 3 mal vorkommen. Die Bestandesspitzenhöhen streuen zu Beginn der Aufnahmen im Alter 44 zwischen 17,8 und 20,1 m (siehe Abbildung 91 a). Daher kann nicht zwingend von gleichen Standortsverhältnissen gesprochen werden, denn die Bestandesmittelhöhen der Parzellen 01, 02, 03 und 08 sind rund 1 m geringer als die anderen Parzellen. Die Spreitung der Stammzahlen und Bestandesgrundflächen deutet zu Beginn auf ein unterschiedliches Ausgangsniveau hin, wobei auch hier eine gewisse Staffelung zu erkennen ist. Die Ausgangsstammzahlen bewegen sich zu Beginn zwischen 1.470 und 2.210 Stück/ha und fallen bis zum Alter 68 auf 855 bis 1.244 Stück ab. Im Gegensatz dazu steigt die Bestandesgrundfläche von 15,5 bis 29,2 m²/ha bis auf 23,2 bis 42,9 m²/ha an (siehe Abbildungen 91 b und c). Die Gesamtwuchsleistung der 9 Parzellen bewegt sich in einem Rahmen von 513 bis 611 Vfm/ha, wobei die Nullfläche auch hier wieder eine Mittelstellung einnimmt (siehe Abbildung 91 d und Tabelle 34). Ein Vergleich der maximalen Bestandesgrundfläche nach Wördehoff (2016) und der mittels Quantilsregression hergeleiteten maximalen Bestandesgrundfläche zeigt, dass die Nullfläche bisher nicht das standörtliche Maximum ausschöpft und sich weiter hin zu einer Fläche mit maximal möglicher Grundfläche entwickelt (siehe Abbildung 92).

Tabelle 34: Bestandesvolumen, Summe der Nutzungen und Gesamtwuchsleistung (GWL) im Alter 44 bis 68 des Versuches Münden 2028j getrennt nach Parzelle bzw. Durchforstungsintensität sowie -art (m., st., s. st., g. HDF = mäßige, starke, sehr starke, gestaffelte Hochdurchforstung)

Parzelle	Behandlung	Alter [Jahre]	Volumen [Vfm/ha]	Summe der Nutzungen [Vfm/ha]	GWL [Vfm/ha]	GWL-Anteil [%] im Vergleich zur schw. NDF
01	st. HDF	44	142			
		68	324	229	553	99
02	m. HDF	44	174			
		68	406	169	575	103
03	g. HDF	44	128			
		68	256	274	530	95
04	st. HDF	44	150			
		68	341	266	607	109
05	g. HDF	44	175			
		68	346	266	611	109
06	Nullfläche	44	216			
		68	521	39	559	100
07	st. HDF	44	147			
		68	345	218	563	101
08	s. st. HDF	44	102			
		68	251	261	512	92
09	g. HDF	44	142			
		68	418	180	598	107

Bisher wurden zwei Qualitätsansprachen auf den Parzellen des Versuches durchgeführt. Dabei zeigt sich, dass im Versuchsmittel der Anteil der Buchen mit erwünschter äußerer Schaftqualität von 47 auf 62 % ansteigt (siehe Abbildung 93 a). Allerdings bestehen zwischen den Parzellen teilweise große Qualitätsunterschiede wie Abbildung 93 b zeigt. Die Parzellen 02 (- 9 %), 04 (- 13 %) und 06 (- 5 %) sind teilweise deutlich schlechter als das Versuchsmittel bei Aufnahme 2, hingegen sind die Parzellen 08 und 09 qualitativ besser (+ 13 %). Von Aufnahme 2 zu 5 verringert sich der Anteil der Buchen mit erwünschter Schaftqualität nur in Parzelle 09, gestaffelte Hochdurchforstung. Die Qualität in den Parzellen 06 (Nullfläche), 07 (starke Hochdurchforstung), 08 (sehr starke Hochdurchforstung) und Parzelle 05 (gestaffelte Hochdurchforstung) ändert sich kaum (siehe Abbildung 94 a). Bei allen anderen Parzellen erhöht sich der Anteil der Buchen mit erwünschter äußerer Schaftqualität. Dies zeigt auch der relative Vergleich der Folgeaufnahme mit der ersten Qualitätsansprache (siehe Abbildung 94 b).

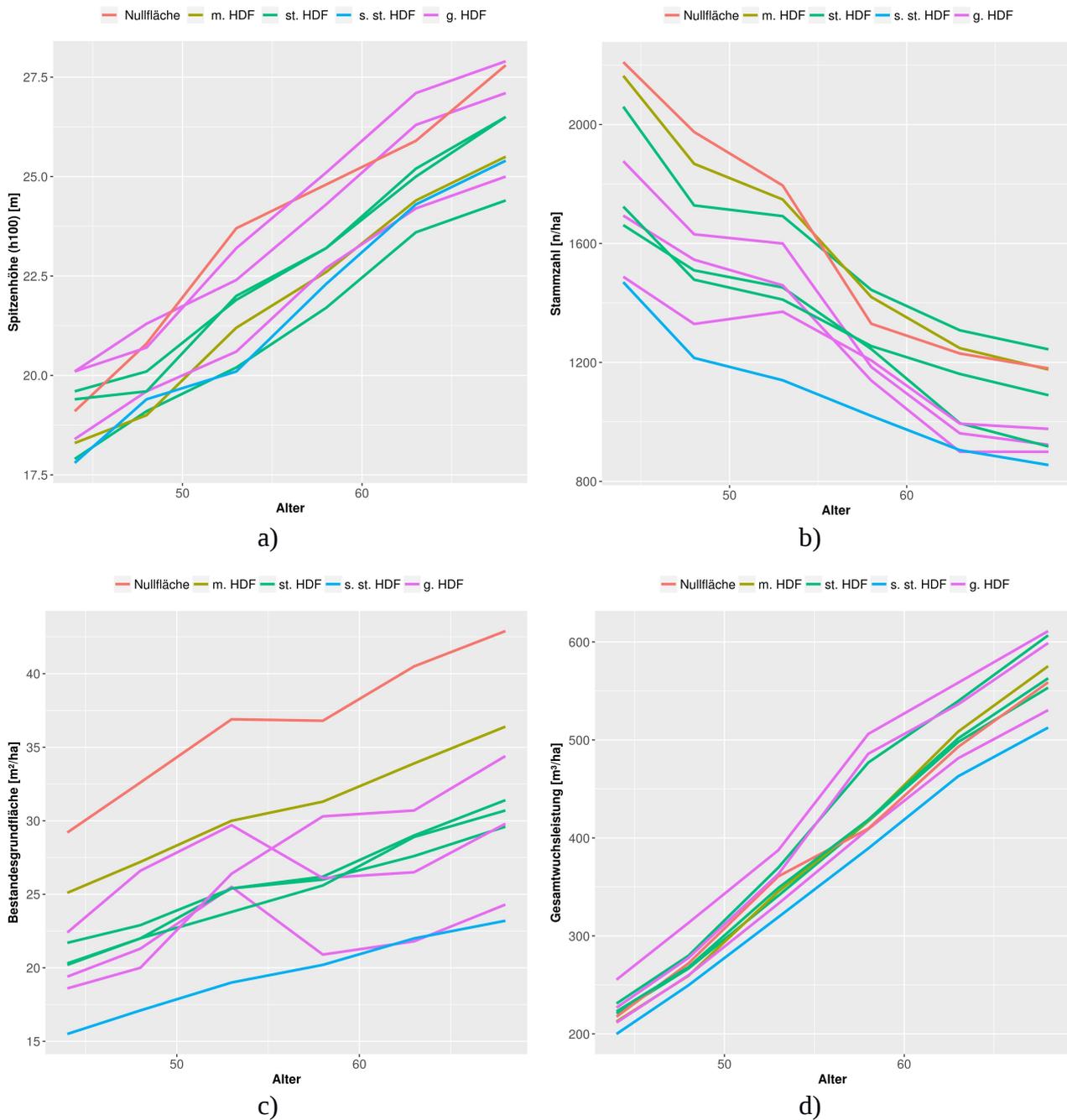


Abbildung 91: Entwicklung der Bestandesspitzenhöhe (h_{100}) (a), der Stammzahl (b), der Bestandesgrundfläche (c) und der Gesamtwuchsleistung (d) getrennt nach Durchforstungsintensität sowie -art (m., st., s. st., g. HDF = mäßige, starke, sehr starke, gestaffelte Hochdurchforstung) in der Versuchsreihe Münden 2028j.

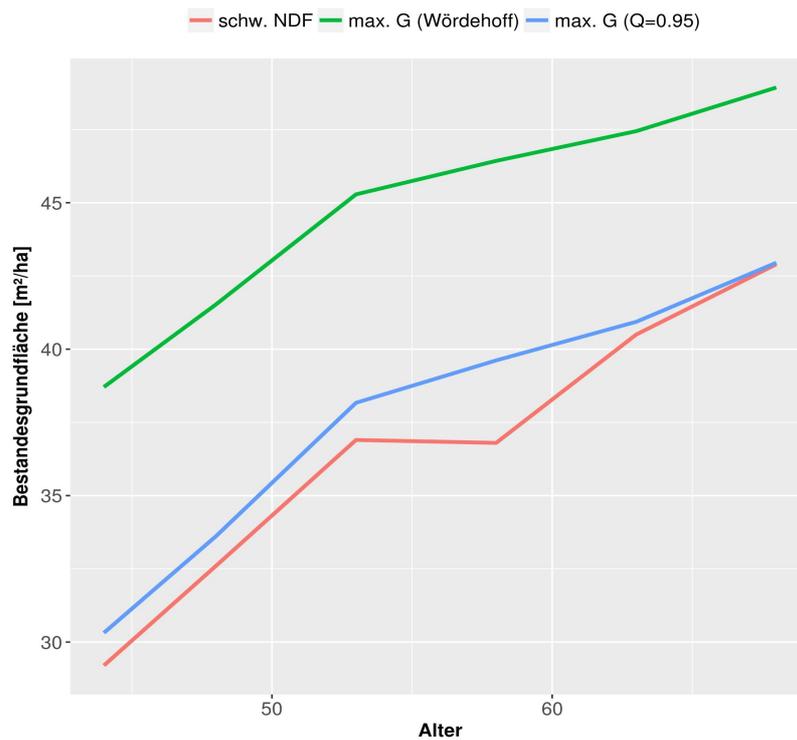


Abbildung 92: Vergleich der erhobenen Bestandessgrundflächen der Parzelle 06, Nullfläche, mit der maximalen Bestandessgrundfläche nach Wördehoff (max. G (Wördehoff)) und dem 95 %-Quantil der nichtlinearen Quantilsregression (max. G (Q=0.95)) auf Basis der Spitzenhöhen der Parzelle 06 des Versuches Münden 2027j.

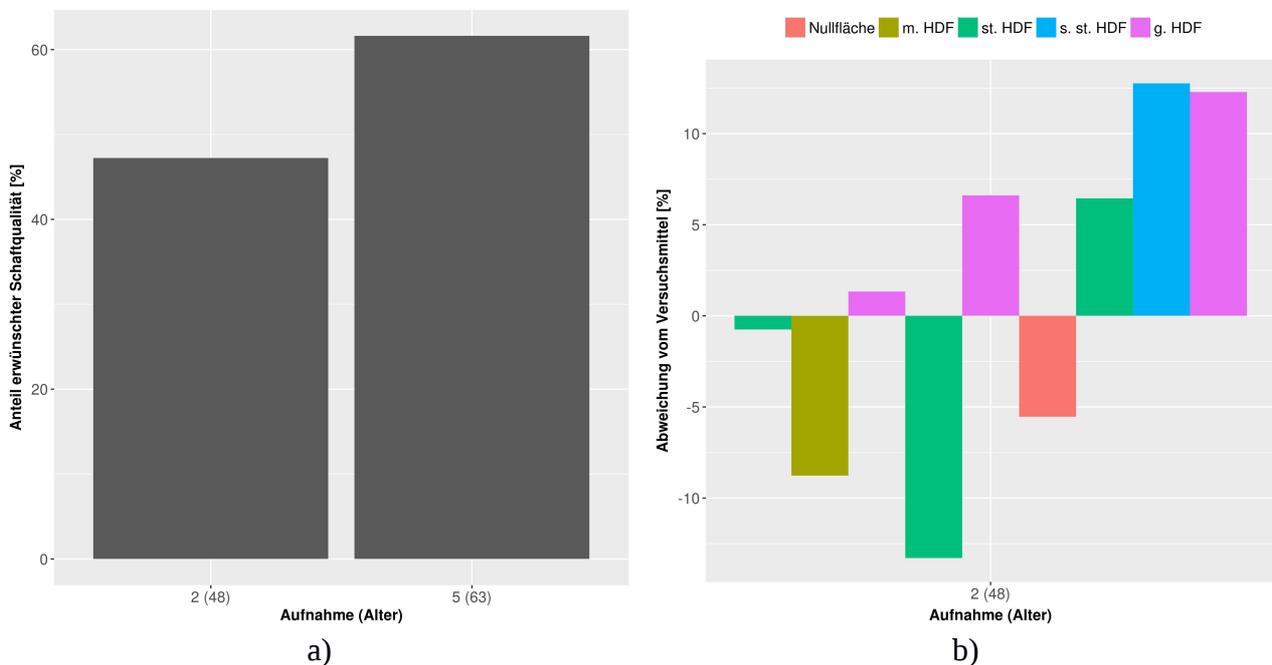


Abbildung 93: Entwicklung des mittleren stammzahlgewichteten Anteils der Bäume mit erwünschter Schaftqualität auf Ebene des Versuches Münden 2028j (a) und auf Ebene der Durchforstungsart sowie -intensität (m., st., s. st., g. HDF = mäßige, starke, sehr starke, gestaffelte Hochdurchforstung) im Vergleich zum Versuchsmittel von Aufnahme 2 (b).

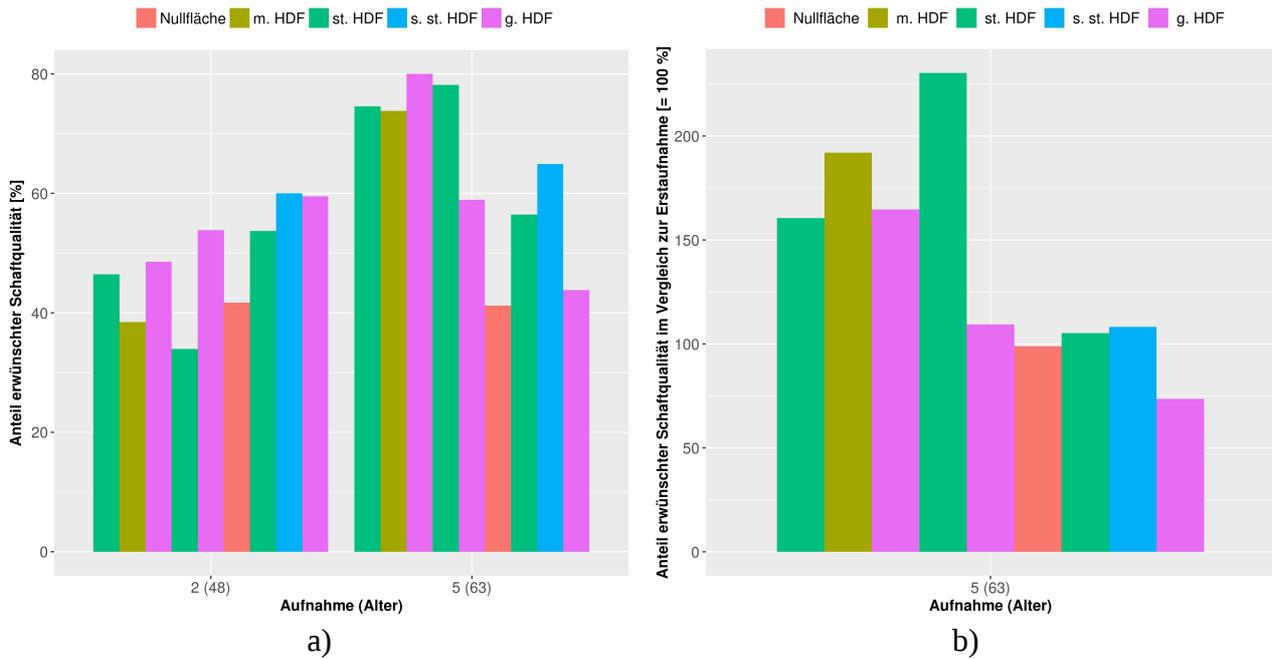


Abbildung 94: Entwicklung des Anteils der Bäume mit erwünschter Schaftqualität im Versuch Münden 2028j getrennt nach Aufnahme (Alter) und Durchforstungsintensität sowie -art (a) und der Vergleich der Folgeaufnahme mit der Erstaufnahme (b) (m., st., s. st., g. HDF = mäßige, starke, sehr starke, gestaffelte Hochdurchforstung).

II.6.2.7 Ahlhorn 106j

Die sechs Parzellen des Versuches Ahlhorn 106j hatten bei Versuchsanlage ein Alter von 26 bis 31 Jahren. Aufgrund der Entwicklung der Bestandesspitzenhöhe kann von gleichen Standortbedingungen ausgegangen werden (siehe Abbildung 95 a). Bei der Betrachtung der Stammzahl- und Bestandesgrundflächenentwicklung ist eine klare Staffelung der Varianten zu erkennen (siehe Abbildung 95 b und c). Im bisherigen Beobachtungsverlauf hebt sich die Gesamtwuchsleistung betreffend keine Behandlungsvariante deutlich von den anderen ab (siehe Abbildung 95 d). Wobei die Ausgangsvolumina recht unterschiedlich waren, wie Tabelle 35 zeigt. So hat Nullfläche 2B im Alter 31 einen Vorrat von 181 Vfm/ha erreicht. Die 5 Jahre jüngere Nullfläche 2A hat einen nur halb so großen Ausgangsvorrat. Auch die anderen Parzellen reichen nicht an den Derbholzvorrat der Parzelle 2B heran, wobei beachtet werden muss, dass die Alter variieren. Dies schlägt sich auch auf die Gesamtwuchsleistung nieder, die im Vergleich zur Nullfläche 2B in den entsprechenden Altern bis zu 12 % geringer ist bzw. im Einzelfall auch leicht darüber liegen kann (m. HDF, 103 %). Ein Vergleich der maximalen Bestandesgrundfläche nach Würdehoff (2016), dem 50 %-Quantil und den realen Bestandesgrundflächen der Parzelle 2B zeigt, dass sie sich in einem Stadium kurz vor Erreichen der maximal möglichen Bestandesdichte befindet (siehe Abbildung 96).

Tabelle 35: Bestandesvolumen, Summe der Nutzungen und Gesamtwuchsleistung (GWL) im bei Versuchsanlage und bei der letzten Aufnahme des Versuches Ahlhorn 106j getrennt nach Parzelle bzw. Durchforstungsintensität sowie -art (m., st., s. st., g. HDF = mäßige, starke, sehr starke, gestaffelte Hochdurchforstung)

Parzelle	Behandlung	Alter [Jahre]	Volumen [Vfm/ha]	Summe der Nutzungen [Vfm/ha]	GWL [Vfm/ha]	GWL [%] im Vergleich zur Nullfläche 2B
01	g. HDF	26	89,7			
		50	289	226	515	94
03	st. HDF	31	114			
		55	403	220	623	95
04	s. st. HDF	31	96,9			
		55	316	309	625	96
05	m. HDF	29	127			
		53	482	188	670	103
2A	Nullfläche	26	95,8			
		50	429	52,4	481,4	88
2B	Nullfläche	31	181			
		50	533	15,4	548,4	100
		55	603	46,1	649,1	100

1990 und 2010 wurden Qualitätsansprachen auf den einzelnen Parzellen durchgeführt. Wobei das Versuchsmittel bei Aufnahme 1 rund 38 % beträgt und bis auf etwa 57 % bei Aufnahme 5 ansteigt (siehe Abbildung 97 a). Allerdings ist die Ausgangsqualität auf den Parzellen sehr unterschiedlich. So sind die Parzellen mit starker sowie sehr starker Hochdurchforstung und die Nullfläche 2B besser als das Versuchsmittel zu Beginn (+ 9 bis 13 %), am schlechtesten im Vergleich zum Mittel der Erstaufnahme ist die Nullfläche 2A (siehe Abbildung 97 b). Ungeachtet der sehr uneinheitlichen Ausgangsqualität, kann bei jeder Parzelle ein Anstieg des Anteils der Buchen mit erwünschter äußerer Schaftqualität festgestellt werden (siehe Abbildung 98 a). Wobei die Änderung bei den Nullflächen am geringsten und bei der mäßigen sowie gestaffelten Hochdurchforstung am höchsten war (siehe Abbildung 98 b).

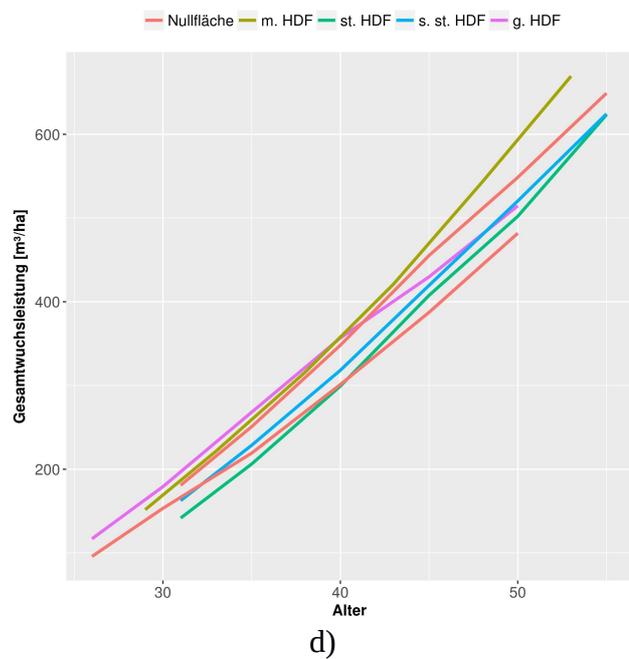
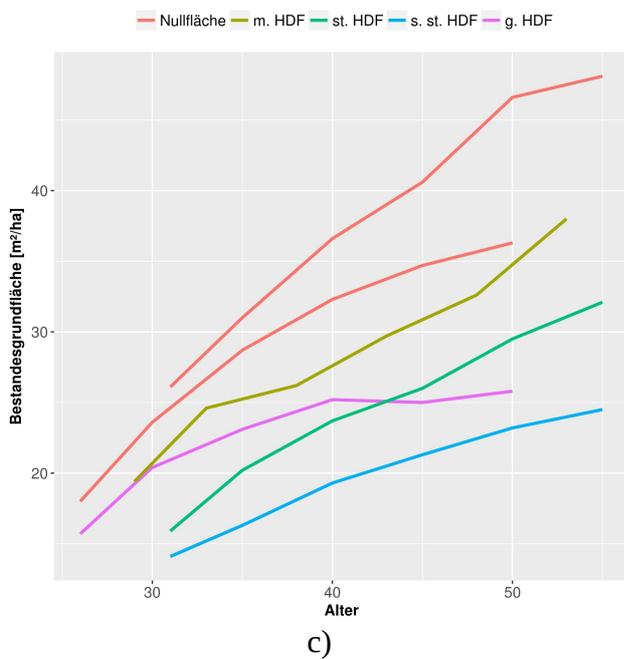
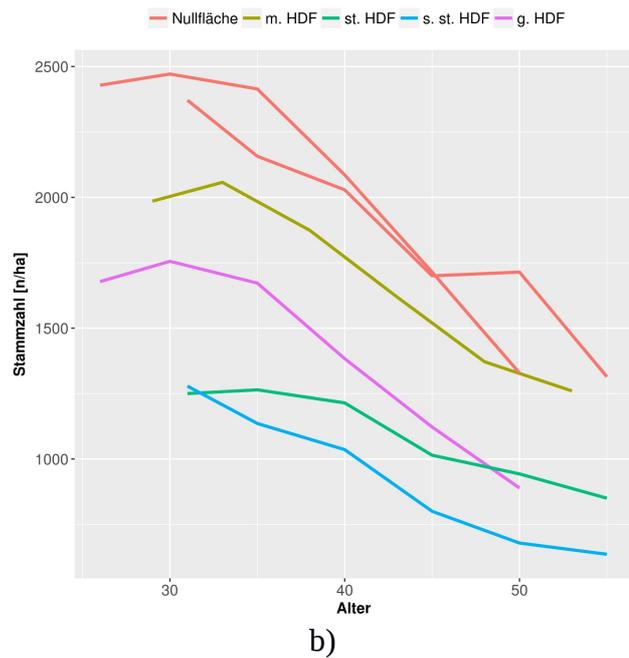
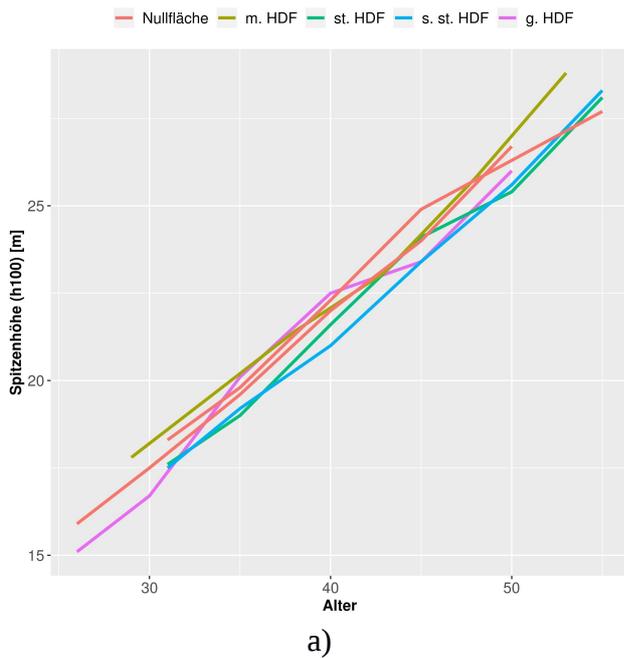


Abbildung 95: Entwicklung der Bestandesspitzenhöhe (h_{100}) (a), der Stammzahl (b), der Bestandesgrundfläche (c) und der Gesamtwuchsleistung (d) getrennt nach Durchforstungsintensität sowie -art (m., st., s. st., g. HDF = mäßige, starke, sehr starke, gestaffelte Hochdurchforstung) in der Versuchsreihe Ahlhorn 106j.

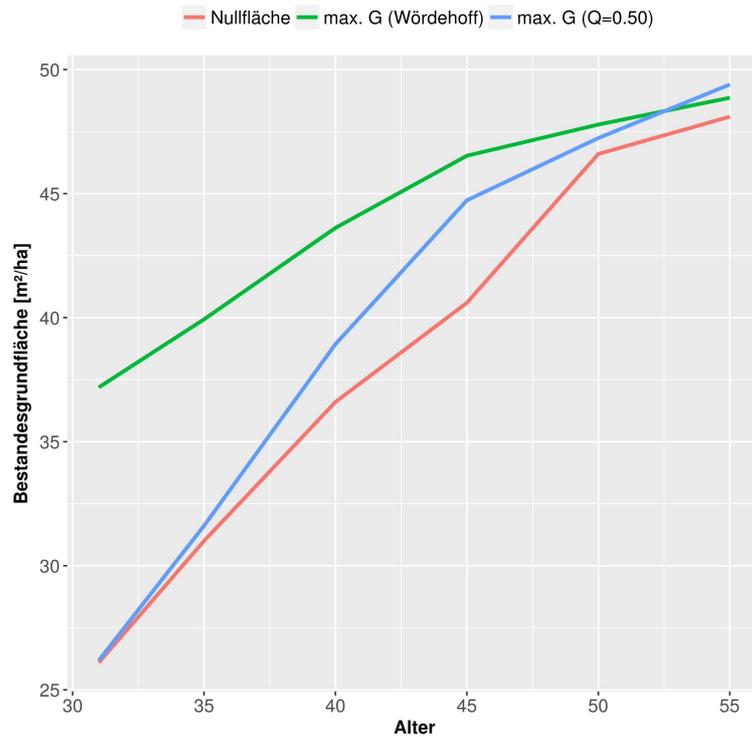


Abbildung 96: Vergleich der erhobenen Bestandesgrundflächen der Parzelle 2B, Nullfläche, mit der maximalen Bestandesgrundfläche nach Wördehoff (max. G (Wördehoff)) und dem 50 %-Quantil der nichtlinearen Quantilsregression (max. G (Q=0.50)) auf Basis der Spitzenhöhen der Parzelle 2B des Versuches Ahlhorn 106j.

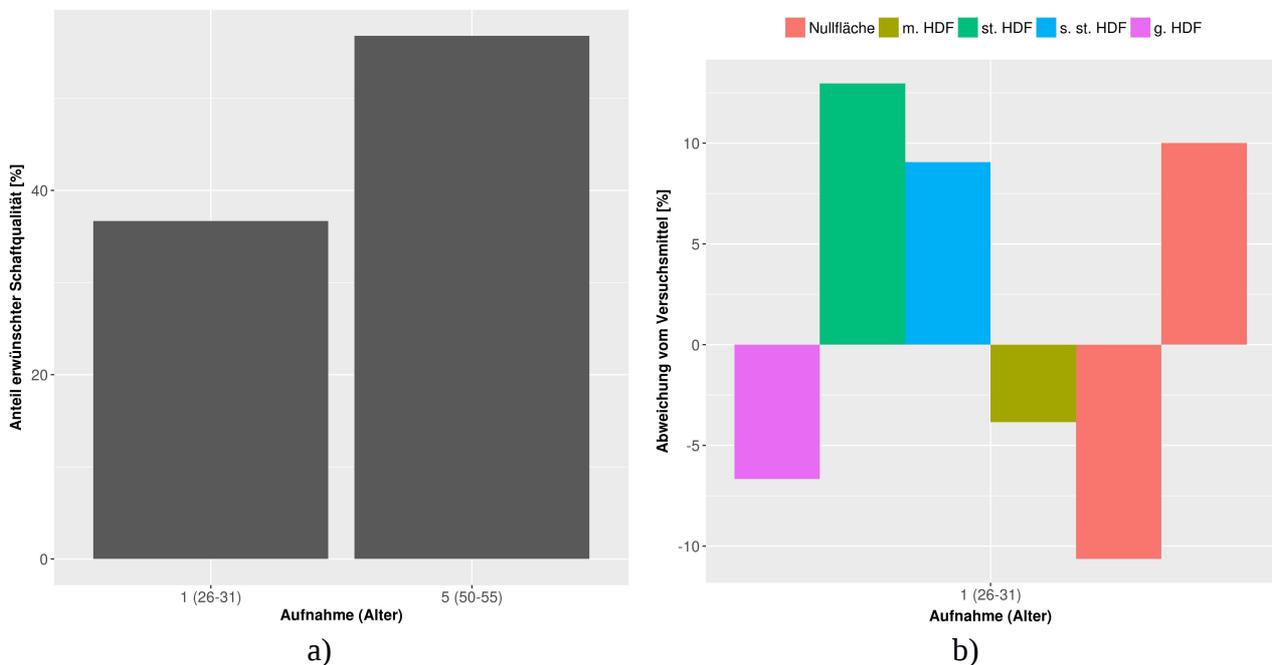


Abbildung 97: Entwicklung des mittleren stammzahlgewichteten Anteils der Bäume mit erwünschter Schaftqualität auf Ebene des Versuches Ahlhorn 106j (a) und auf Ebene der Durchforstungsart sowie -intensität (m., st., s. st., g. HDF = mäßige, starke, sehr starke, gestaffelte Hochdurchforstung) im Vergleich zum Versuchsmittel von Aufnahme 1 (b).

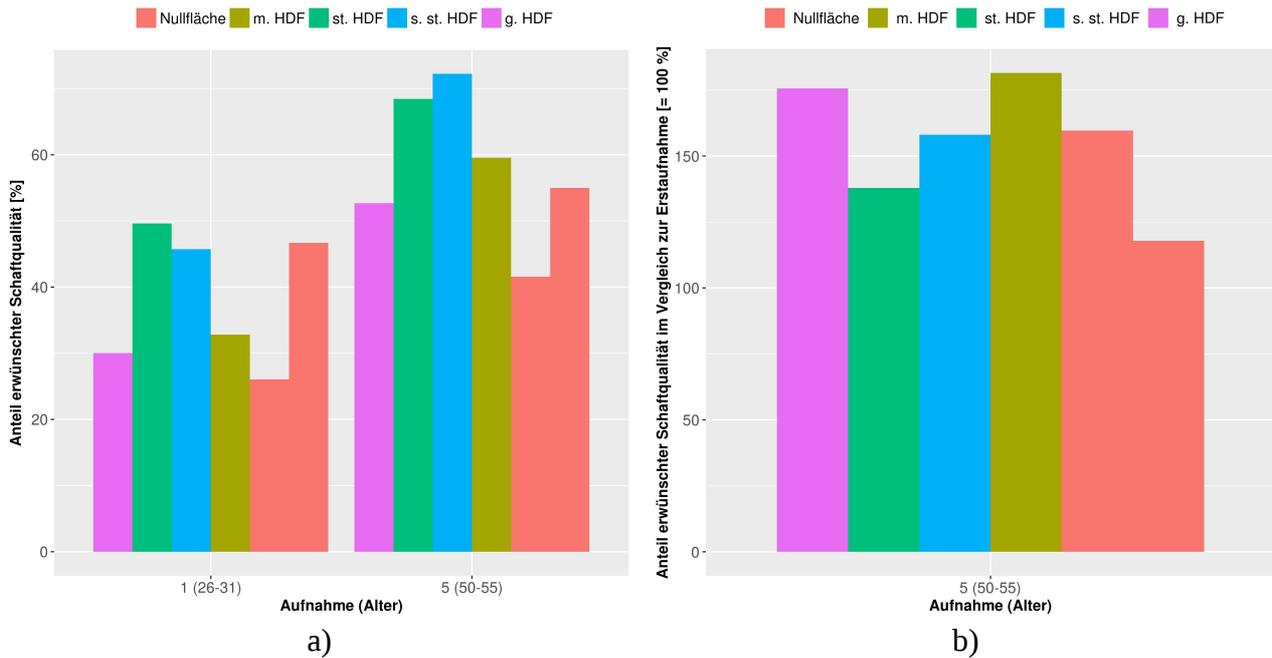


Abbildung 98: Entwicklung des Anteils der Bäume mit erwünschter Schaftqualität im Versuch Ahlhorn 106j getrennt nach Aufnahme (Alter) und Durchforstungsintensität sowie -art (a) und der Vergleich der Folgeaufnahme mit der Erstaufnahme (b) (m., st., s. st., g. HDF = mäßige, starke, sehr starke, gestaffelte Hochdurchforstung).

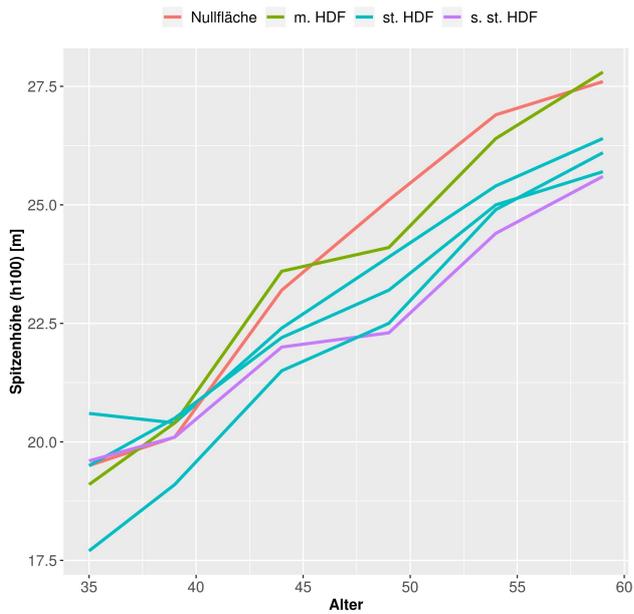
Tabelle 36: Bestandesvolumen, Summe der Nutzungen und Gesamtwuchsleistung (GWL) bei Versuchsanlage und bei der letzten Aufnahme des Versuches Unterlüß 138j getrennt nach Parzelle bzw. Durchforstungsintensität sowie -art (m., st., s. st., HDF = mäßige, starke, sehr starke Hochdurchforstung).

Parzelle	Behandlung	Alter [Jahre]	Volumen [Vfm/ha]	Summe der Nutzungen [Vfm/ha]	GWL [Vfm/ha]	GWL [%] im Vergleich zur Nullfläche
01	st. HDF	35	139			
		59	302	257	558	109
02	Nullfläche	35	188			
		59	468	44,9	512	100
03	m. HDF	35	150			
		59	384	187	571	112
04	st. HDF	35	131			
		59	234	304	538	105
05	s. st. HDF	35	115			
		59	238	314	552	108
06	st. HDF	35	110			
		59	295	224	519	101

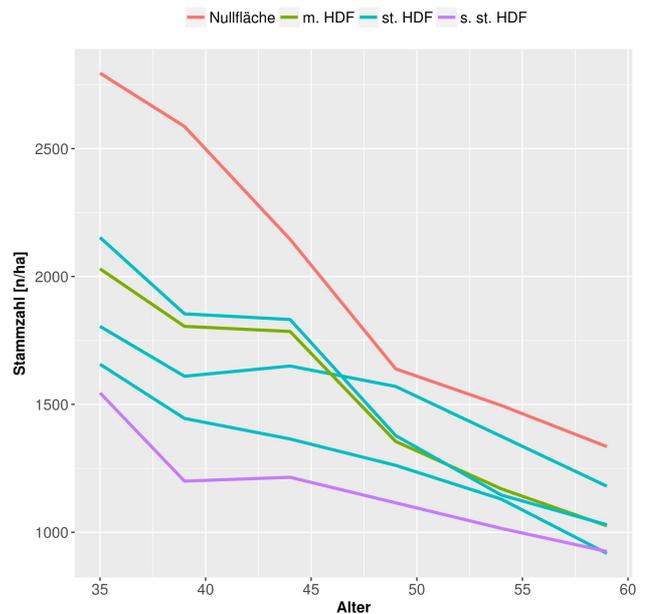
II.6.2.8 Unterlüß 138j

Zum Versuch Unterlüß 138j gehören insgesamt 6 Parzellen, wobei die starke Hochdurchforstung dreimal wiederholt ist. Der Beobachtungszeitraum deckt die Altersspanne von 35 bis 59 Jahren ab. Auf Grundlage der Spitzenhöhen kann von einer gewissen Gleichheit der Standorte innerhalb des Versuches, abgesehen von Parzelle 06 starke Hochdurchforstung ausgegangen werden (siehe Abbildung 99 a). Die Entwicklung der Stammzahl zeigt Abbildung 99 b. Dabei ist, wie bei den anderen jüngeren Versuchen auch, zu erkennen, dass die Nullfläche und die sehr starke Hochdurchforstung die Grenzen bilden innerhalb derer sich die anderen Varianten bewegen. Dabei nimmt beispielsweise die Stammzahl der Nullfläche von 2.795 Stück/ha im Alter 35 auf 1.335 Stück/ha im Alter 59 ab. Die Bestandesgrundfläche der Nullfläche steigt im gleichen Zeitraum von 27 auf 39 m²/ha an (siehe Abbildung 99 c) und bildet das Maximum auf diesem Standort ab. Ein Vergleich mit der maximalen Bestandesgrundfläche nach Wördehoff (2016) und der parzellenspezifischen Quantilsregression deuten allerdings auf ein höheres Potenzial hin (siehe Abbildung 100). Bezüglich der Gesamtwuchsleistung fällt auf, dass im Alter 59 die Nullfläche von allen anderen Parzellen übertroffen wird, ggf. auch aufgrund des geringen Ausgangsvolumens (siehe Abbildung 99 d und Tabelle 36).

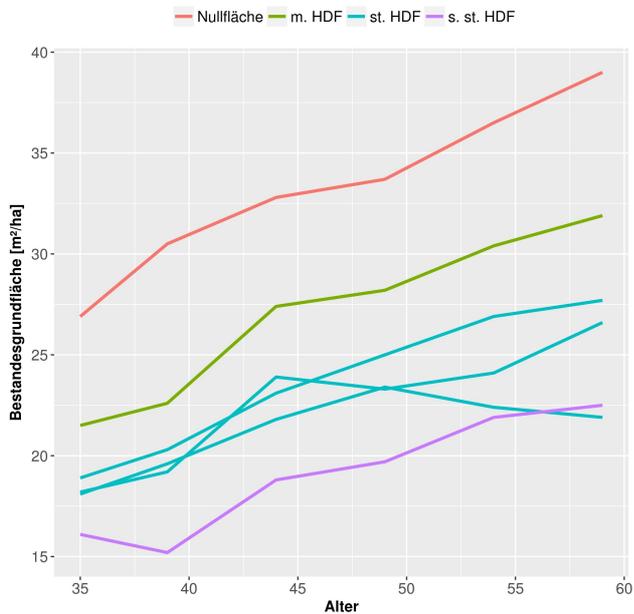
Die mittlere Qualität des Versuches Unterlüß 138j steigt innerhalb von 20 Jahren von 42 auf 56 % an, wobei große Unterschiede zwischen den einzelnen Parzellen im Vergleich zum Versuchsmittel bei Aufnahme 2 bestehen (siehe Abbildung 101). Insbesondere Parzelle 05 (+ 25 %) sowie Parzelle 01 (+ 7 %) sind besser als das Mittel, alle anderen Parzellen qualitativ schlechter. Am schlechtesten schneidet die Nullfläche ab (- 8 %). Im Verlauf der Beobachtungszeit erhöht sich der Anteil der Buchen mit erwünschter äußerer Schaftqualität bei Parzelle 01 von 48 auf 100 %, was unplausibel erscheint, aber anhand der vorliegenden Einzelbaumdaten der Bäume, die in beiden Ansprachen vorhanden sind, nicht weiter verifiziert werden kann (siehe Abbildung 102 a). Am geringsten war die Steigerung der Qualität in Parzelle 03 (+ 1 %), mäßige Hochdurchforstung. Danach folgen die Parzellen 06 und 05 sowie die Nullfläche mit Raten zwischen + 7 % und + 11 %. Die höchste Steigerung der äußeren Schaftqualität der Buchen ist auf Parzelle 04, starke Hochdurchforstung, mit + 13 % zu finden. Ein relativer Vergleich der Folgeaufnahme mit der Erstansprache der Qualität zeigt, dass sowohl sich in der Nullfläche wie auch in den stark sowie sehr stark durchforsteten Parzellen die Schaftqualität verbessert hat (siehe Abbildung 102 b).



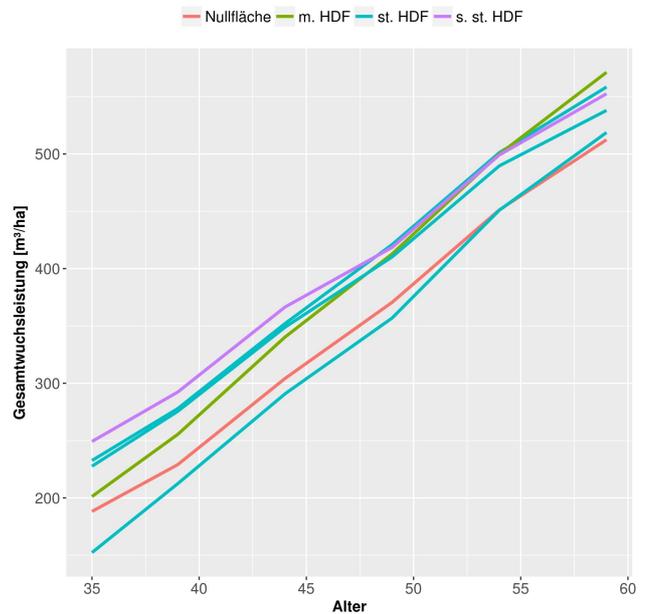
a)



b)



c)



d)

Abbildung 99: Entwicklung der Bestandesspitzenhöhe (h100) (a), der Stammzahl (b), der Bestandesgrundfläche (c) und der Gesamtwuchsleistung (d) getrennt nach Durchforstungsintensität sowie -art (m., st., s. st., HDF = mäßige, starke, sehr starke Hochdurchforstung) in der Versuchsreihe Unterlüß 138j.

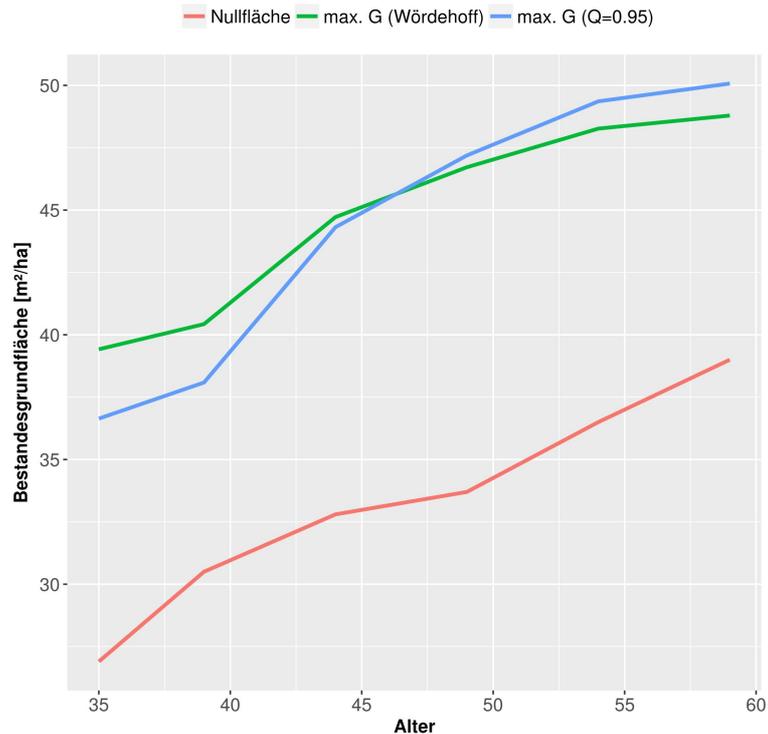


Abbildung 100: Vergleich der erhobenen Bestandegrundflächen der Parzelle 02, Nullfläche, mit der maximalen Bestandegrundfläche nach Wördehoff (max. G (Wördehoff)) und dem 95 %-Quantil der nichtlinearen Quantilsregression (max. G (Q=0.95)) auf Basis der Spitzenhöhen der Parzelle 02 des Versuches Unterlüß 138j.

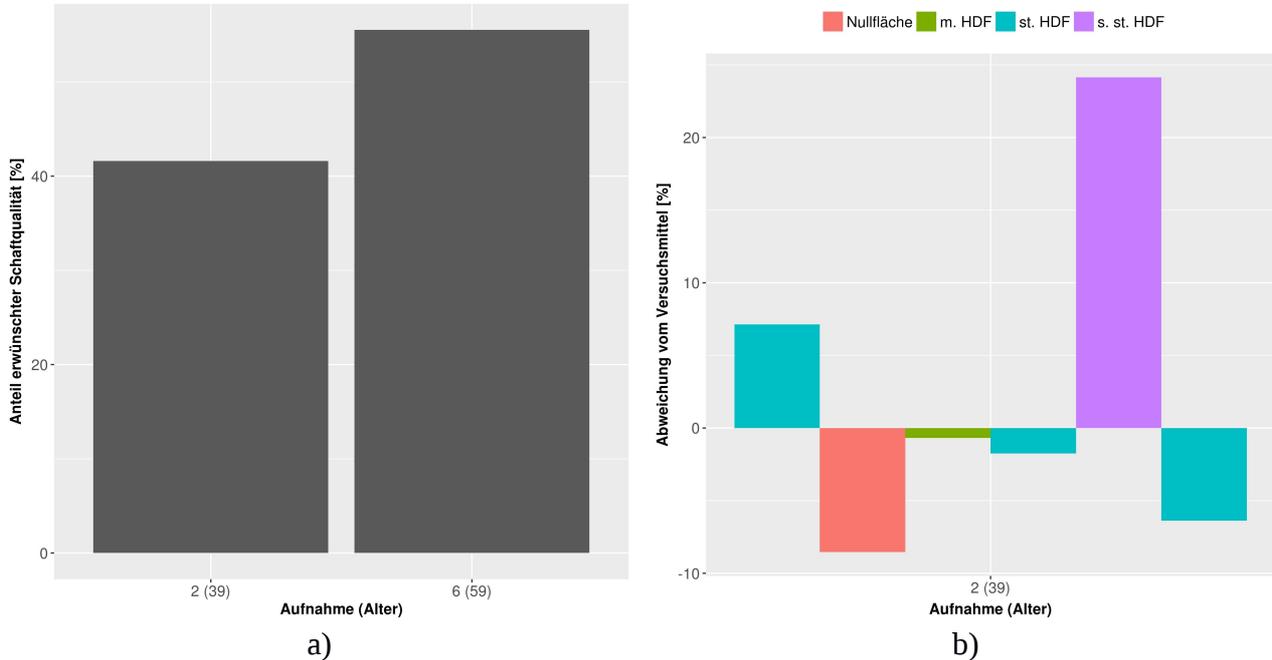


Abbildung 101: Entwicklung des mittleren stammzahlgewichteten Anteils der Bäume mit erwünschter Schaftqualität auf Ebene des Versuches Unterlüß 138j (a) und auf Ebene der Durchforstungsart sowie -intensität (m., st., s. st., HDF = mäßige, starke, sehr starke Hochdurchforstung) im Vergleich zum Versuchsmittel von Aufnahme 2 (b)

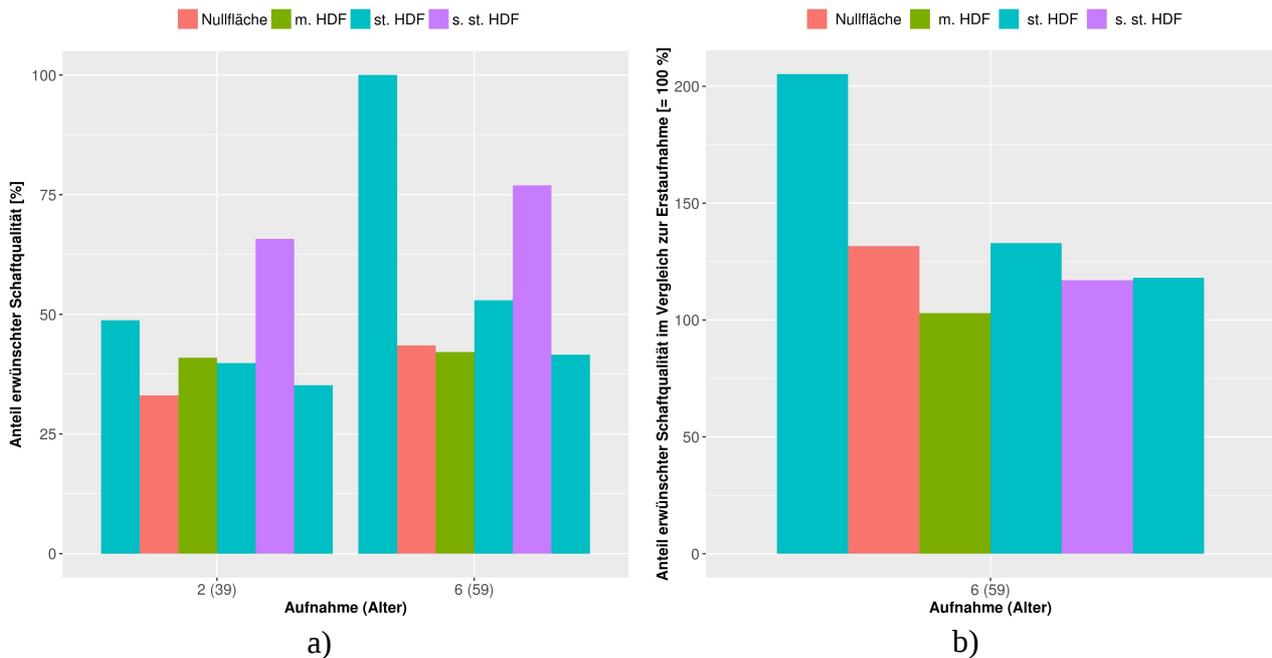


Abbildung 102: Entwicklung des Anteils der Bäume mit erwünschter Schaftqualität im Versuch Unterlüß 138j getrennt nach Aufnahme (Alter) und Durchforstungsintensität sowie -art (a) und der Vergleich der Folgeaufnahme mit der Erstaufnahme (b) (m., st., s. st. HDF = mäßige, starke, sehr starke Hochdurchforstung).

II.6.3 Schlussfolgerungen

Auf Basis der festgestellten Entwicklungen lässt sich nicht immer der Einfluss der Durchforstung auf die Qualitätsentwicklung der Buchen-Versuchsflächen nachweisen. Aus den untersuchten Versuchen kann keine generellere Aussage bezüglich des Einflusses der Eingriffsintensitäten und -art auf die Entwicklung der äußeren Schaftqualität gemacht werden. So erhöht sich im Versuch Ahlhorn 106j sowohl mit wie auch ohne Behandlung der Anteil der Buchen mit erwünschter Schaftqualität, im Versuch Münden 2027j hingegen ist zum Großteil eine Abnahme festzustellen. In den älteren Versuchen ist der Einfluss der Durchforstung auf die Schaftqualität nicht eindeutig. So wird diese im Versuch Saupark 2080a verringert und im Versuch Herborn 1333A2 mehrheitlich verbessert. Dabei ist der Ausgangszustand ein wichtiger Faktor. Festzuhalten ist allerdings der Umstand, dass sich ungeachtet der Verbesserung der äußeren Schaftqualität in den Nullflächen, der Anteil der Bäume mit erwünschter äußerer Schaftqualität in den behandelten Flächen noch stärker erhöht als in den Nullflächen. Somit trägt die Durchforstung in gewissem Umfang zur Verbesserung der Qualitätsstruktur bei und erhöht damit die Wertleistung des Bestandes.

II.7 Zusammenfassung

Die Waldfläche der Bundesländer Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein umfasste zum Zeitpunkt der 3. Bundeswaldinventur 2.804.664 ha, was rund 25 % der gesamten Waldfläche in Deutschland entspricht. Insofern hat das Nutzungsverhalten in diesen Ländern einen gewissen Einfluss auf die gesamtdeutsche Forstwirtschaft. Die Nutzungsanalyse zwischen der 2. und 3. Bundeswaldinventur für Hessen, Niedersachsen und Schleswig-Holstein belegt im Vergleich zur Vorperiode (1. und 2. Bundeswaldinventur) unterschiedliche Entwicklungen. So wurde beispielsweise ein Anstieg des Hiebsatzes bei der Buche in Niedersachsen im Vergleich zur Vorperiode von 5,3 auf 6,4 Efm/ha/a im Staatswald und von 5,5 auf 6,5 Efm/ha/a im Privat- und Körperschaftswald festgestellt. In Hessen hingegen fiel der Hiebsatz bei der Buche von 5,9 bzw. 6,3 Efm/ha/a auf 5,4 bzw. 6,0 Efm/ha/a im Staats- bzw. Privatwald. In Schleswig-Holstein stieg er bei der Buche im Landes- und Bundeswald von 4,3 auf 5 Efm/ha/a, im Privat- und Körperschaftswald ist er im Vergleich zur Vorperiode nur geringfügig von 5,6 auf 5,4 Efm/ha/a gesunken. Mit der 3. Bundeswaldinventur liegt für Sachsen-Anhalt erstmals eine Folgeinventur vor, sodass nur Aussagen hinsichtlich der baumartenspezifischen Zuwächse und des Nutzungsverhaltens im Zeitraum zwischen der 2. und 3. Bundeswaldinventur möglich sind. So beträgt der Hiebsatz in der Buche in Sachsen-Anhalt rund 6,3 Efm/ha/a und ist damit ähnlich hoch wie in Hessen (6,2 Efm/ha/a). Es zeigt sich in allen vier untersuchten Bundesländern, dass sich die Nutzungsschwerpunkte von Fichte und Kiefer im Durchmesserbereich von 20 cm bis 40 cm befanden. Bei Buche und Eiche treten landespezifische Unterschiede hinsichtlich der Nutzungsschwerpunkte deutlicher hervor. So erstreckten sich die Nutzungen in Hessen und Schleswig-Holstein auf den gesamten Durchmesserbereich von 20 bis 70 cm, während in Niedersachsen vor allem im Bereich von 30 bis 50 cm genutzt wurde. Ein ähnlicher Nutzungsbereich war in Sachsen-Anhalt zu verzeichnen. In diesen baumartenspezifischen Nutzungsmöglichkeiten spiegeln sich unter anderem auch die Altersklassenzusammensetzungen in den Ländern wider.

Die analysierten Einschlagsstatistiken der Landeswälder von Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein nach Sorten und Qualitäten umfassen den Zeitraum von 2010 bis teilweise Ende 2016. Insgesamt wurden in dieser Zeit 21,1 Mio. m³ Rohholz in den Staatswäldern der genannten Länder eingeschlagen. Daran hatte die Baumartengruppe Fichte mit 39 % den größten Anteil, gefolgt von Buche mit 24 % und Kiefer mit 18 %. Andere Arten wie Ahorn, Birke und Esche sind zu etwa 0,4 bis 1,0 % in den Einschlagsdaten vertreten. Die Eiche erreicht einen Anteil von etwas weniger als 6 %. Insgesamt zeigte sich, dass über alle Baumarten rund 62 % Stammholz mit einem hohen Anteil an Fixlängen (insbesondere Nadelholz) ausgehalten wird. Industrieholz nimmt rund 26 % des Einschlagsvolumens ein und 12 % wurden der Sorte Energieholz zugeordnet. Bezüglich der Qualitäten wurde deutlich, dass etwa 38 % des eingeschlagenen Holzes keiner Qualität zugeordnet werden konnte bzw. war. Dies kann durch die vorgenommene Definition (Energieholz benötigt keine Qualität, bei Industrieholz muss eine mittlere Güte unterstellt werden, da diese oftmals in den Rohdaten nicht angegeben war und sich stark an den Angaben in den Kaufverträgen orientiert) und die Aufnahme im Sektionsraummaßverfahren erklärt werden. Weitere 33 % des Einschlagsvolumens waren mit der

Mischqualität BC gekennzeichnet, was insbesondere bei Nadelholzfixlängen bzw. -stämmen üblich ist. Die Qualitäten C und D haben zusammen einen Anteil von 22 %. Höherwertige Qualitäten (A und B) sind nur mit etwa 7 % in den Einschlagsdaten vorhanden.

Eine gesonderte Auswertung für die Laubhölzer Ahorn, Birke, Buche, Eiche und Esche macht deutlich, dass sich die Sortenverteilung dieser Arten ganz wesentlich vom beschriebenen Mittel unterscheidet. Das Gesamtvolumen der genannten Laubhölzer beläuft sich auf rund 6,9 Mio. m³ und der Energieholzanteil ist mit fast 29 % mehr als doppelt so hoch wie der Durchschnitt über alle Arten. Mit 26 % des Volumens ist der Energieholzanteil bei Buche am geringsten, bei Birke mit etwa 48 % am höchsten. Daneben nimmt das Industrieholz einen Anteil von durchschnittlich 34 % ein. Das Laubstammholz ist das dritthäufigste Sortiment, wobei hier insbesondere bei Buche und Eiche die Anteile am höchsten sind. Das Energie- und Industrieholz ist bei Ahorn, Birke und Esche zum Großteil im Bereich von 7 bis 29 cm zu finden, bei Eiche und Buche ist es der Mittenstärkenbereich von 7 bis 39 cm. Die Mittenstärken des Stammholzes sind höher und liegen bei Ahorn, Birke und Esche hauptsächlich im Bereich von 30 bis 49 cm, bei Eiche und Buche ist es die Spanne zwischen 40 und 59 cm. Die Auswertung der Qualitäten wurde für das Stammholz der Arten Ahorn, Birke, Buche, Eiche und Esche durchgeführt. So waren etwa 44 bzw. 18 % des Sortenvolumens der angesprochenen Arten in den Qualitäten C bzw. D zu finden. Das bedeutet, dass rund 62 % des Stammholzes diese momentan gering bewerteten Qualitäten aufweisen.

Die regionale Auswertung der Buchendaten auf Basis der Großlandschaften Mittelgebirge, Lösshügelland und Tiefland ergab, dass der Großteil des Bucheneinschlags im Mittelgebirge getätigt wird (85 %, 9 % aus dem Tiefland, 6 % aus dem Lösshügelland). Dabei sind allerdings kaum regionale Unterschiede zwischen den nach Stärkeklassen getrennten Sortenanteilen, sehr wohl aber Differenzen bezüglich der Qualitätsanteile des Stammholzes getrennt nach Stärkeklassen festzustellen.

Die Simulation der naturnahen waldbaulichen Behandlung bis 2062 deutet einen Anstieg des Derbholzvorrates an. So betrug der Derbholzvorrat in den Trägerländern der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt im Jahr 2012 etwa 829 Mio. m³ (313 m³/ha). Bis 2062 steigt dieser auf 891 Mio. m³ (336 m³/ha) an. Dabei verringern sich die Baumartenanteile, insbesondere von Fichte und Kiefer auf 14 bzw. 13 % zugunsten der anderen Baumartengruppen (2012 jeweils 22 %). Der Laubholzanteil steigt bis 2062 insgesamt auf 60 % an, da vor allem beim Nadelholz im mittleren Durchmesserbereich stark genutzt wird und im Gegenzug beim Laubholz im Bereich von über 50 cm ein Vorratsaufbau stattfindet. Insgesamt werden durch die simulierte Behandlungsweise von 2012 bis 2062 etwa 1 Mrd. m³ entnommen. Diese wurden anschließend nach verschiedenen Dimensionsvorgaben sortiert und im Schnitt ergibt sich ein nutzbares Erntevolumen von etwa 830 Mio. m³. Auf Grundlage der sortierten Nutzungsmengen in Verbindung mit den realen baumartenspezifischen, stärkeklassenabhängigen Sorten- und Qualitätsverteilungen kann zumindest statisch das zukünftig zu erwartende Potenzial geringwertiger Laubhölzer abgeschätzt werden. In der Summe aller Laubhölzer ist im Zeitraum von 2012 bis 2062 mit einem Anfall an geringwertigen Qualitäten (Stammholz mit C- und D-Qualität sowie Industrie- und Energieholz) in der Größenordnung von etwa 282 Mio. m³ zu rechnen. Jährlich entspricht dies einem Volumen von etwa 5,7 Mio. m³, was etwas mehr als ein Drittel (ca. 36 bzw. 38 %) der gesamten Nutzungsmenge zwischen der 2. und 3. Bundeswaldinventur der Länder Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt

und Schleswig-Holstein (15,6 Mio. m³ pro Jahr) bzw. der Projektion von WEHAM (15,154 Mio. m³ pro Jahr) ist.

Das Rotkernmodell (Schmidt et al. 2008) konnte auf 771 Traktecken mit insgesamt 5799 Erdstammstücken im Mittelgebirge angewendet werden, wobei sie ein Erntevolumen von rund 36 Mio. m³ repräsentieren. Erwartungsgemäß ist der Schwerpunkt des gesamten Erntevolumens in den Stärkeklassen 4 und 5 zu finden (zusammen rund 67 %). Ein weiterer Anteil von 22 % ist dem Mittendurchmesserbereich über 59 cm (Stärkeklasse > 5) zuzuordnen. Das durchschnittliche Schaftvolumen der sortierten Buchen beträgt etwa 4,2 m³. Rund 43 % des Erntevolumens von etwa 36 Mio. m³ fällt in Stärkeklasse 5 an, wovon wiederum ca. 50 % einen Rotkern mit einer Größe von mindestens 1/3 des Durchmessers besitzen. Bei größeren Mittendurchmessern steigt der Volumenanteil der Rotkernkategorien 3 bis 5 auf ca. 72 % an und nur noch 28 % des Volumens haben einen kleineren Rotkern als 1/3 des Durchmessers. Über alle Stärkeklassen wird durch das Rotkernmodell für die Kategorien 0 bis 2 (Rotkern < 1/3 des Durchmessers) ein Volumen von 18,4 Mio. m³ prognostiziert, für die Kategorien 3 bis 5 (Rotkern ≥ 1/3 des Durchmessers) sind es 17,6 Mio. m³. Das bedeutet, dass das zukünftige Buchenholzvolumen mit einem sortierrelevanten Rotkern, welcher sich finanziell negativ auswirkt, auf rund 352.000 m³/a geschätzt wird. Dieses Volumen kann durch eine standörtlich und baumspezifisch angepasste Zielstärke der Buchen verringert werden.

Eine Literaturanalyse zum Vergleich der Holzqualität in Misch- und Reinbeständen zeigt trotz teilweise widersprüchlicher Aussagen, dass die Holzqualität in Mischbeständen meist schlechter ist als in Reinbeständen und das für die Entwicklung der Holzqualität die Bestandesstruktur und die Baumartenzusammensetzung entscheidend ist. Da der Anteil der Mischbestände aus diversen Gründen zunehmen wird, wird auch die Bandbreite der Ausprägungen der Holzmerkmale und damit die der Holzqualitäten in den Beständen zunehmen.

Weiterhin wurden verschiedene Versuchsflächen der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt hinsichtlich der äußeren Schaftqualität von Buche in Abhängigkeit von der Durchforstungsart und -intensität analysiert. Dabei konnte herausgearbeitet werden, dass die Durchforstung den Anteil der Buchen mit erwünschter äußerer Schaftqualität im Bestand erhöht.

II.8 Verwertung

Die Ergebnisse der Simulationsrechnungen können die Betrachtung der Wertschöpfungskette vom Wald zum Werk (Teilvorhaben 2) einfließen.

Die Ergebnisse der Einschlagsdatenanalyse stehen für weitere Betrachtungen zur Verfügung.

Einzelberichte der Einschlagsdatenanalyse wurden an die in die Untersuchung einbezogenen Landesforstbetriebe weitergegeben. Außerdem dienen die gesamten Ergebnisse den Forstbetrieben und der Holzindustrie als Entscheidungshilfe bei der strategischen Planung.

Eine wirtschaftliche Verwertung ist nicht vorgesehen.

II.9 Erkenntnisse von Dritten

Erkenntnisse von Dritten sind nicht bekannt.

II.10 Veröffentlichungen

Vortrag auf der Forstwissenschaftlichen Tagung am 25.09.2018 mit dem Titel Potenzialanalyse des Laubholzaufkommens und der zu erwartenden Sorten sowie Qualitäten

Veröffentlichung zur Modellgestützten Abschätzung der Buchenrotkernwahrscheinlichkeit im hessischen und niedersächsischen Bergland bei der AFZ-Der Wald eingereicht

Weitere Publikation in Fachzeitschriften sind geplant.

III Anhang

Tabelle 37: Volumen und Volumenanteile der gesamten Einschlagsdaten getrennt nach Baumart (alle Qualitäten und Stärken).

Baumart	Volumen [1.000 Fm]	Volumenanteile [%]
Ahorn	100,79	0,47
Birke	249,57	1,18
Buche	5106,28	24,06
Douglasie	564,60	2,66
Eiche	1252,62	5,90
Esche	250,04	1,18
Fichte	8232,90	38,79
Kiefer	3828,07	18,03
Lärche	1053,54	4,96
sonst. ALh	75,93	0,36
sonst. ALn	183,61	0,87
sonst. LH	141,49	0,67
sonst. NH	186,91	0,88

Tabelle 38: Volumenanteile [%] der gesamten Einschlagsdaten getrennt nach Baumart und Stärkeklasse (alle Qualitäten und Stärken).

Baumart	Stärkeklasse						
	-	<3	3	4	>4	5	>5
Ahorn	68,5	23,2	6,3	1,2	0,8	0,0	0,0
Birke	58,9	34,8	6,1	0,1	0,0	0,0	0,0
Buche	33,5	21,7	14,9	14,9	0,0	11,0	4,1
Douglasie	72,5	14,0	6,4	3,7	3,5	0,0	0,0
Eiche	39,3	29,8	15,8	8,0	0,0	4,1	2,9
Esche	54,5	25,8	10,3	5,4	3,9	0,0	0,0
Fichte	55,3	20,3	17,1	5,1	2,1	0,0	0,0
Kiefer	43,5	36,5	14,9	3,0	2,1	0,0	0,0
Lärche	62,0	22,0	11,2	3,4	1,4	0,0	0,0

Tabelle 39: Volumenanteile [%] der gesamten Einschlagsdaten getrennt nach Baumart, Stärkeklasse und Sorte (ES = Energieholz kurz, EL = Energieholz lang, IS = Industrieholz kurz, IL = Industrieholz lang, FL = Stammholzabschnitte/Fixlängen, ST = Stammholz) (alle Qualitäten u. Stärken).

Baumart	Sorte	Stärkeklasse						
		–	<3	3	4	>4	5	>5
Ahorn	ES	47,5	5,8	14,7	0,1	0,1	0,0	0,0
	EL	4,7	15,2	4,0	3,9	1,7	0,0	0,0
	IS	32,6	32,0	41,0	1,0	0,9	0,0	0,0
	IL	11,7	37,3	11,4	8,1	21,5	0,0	0,0
	FL	2,8	8,7	15,7	36,0	34,5	0,0	0,0
	ST	0,6	1,0	13,1	51,0	41,4	0,0	0,0
Birke	ES	72,9	3,7	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0
	EL	3,2	3,5	2,4	16,1	56,1	0,0	0,0
	IS	20,9	70,2	77,4	8,8	4,7	0,0	0,0
	IL	2,5	19,1	4,7	26,3	20,1	0,0	0,0
	FL	0,3	3,5	9,4	31,6	17,2	0,0	0,0
	ST	0,2	0,1	0,8	17,2	1,9	0,0	0,0
Buche	ES	42,5	2,4	2,6	0,1	0,0	0,1	0,1
	EL	10,8	25,1	10,6	2,2	0,0	0,8	0,8
	IS	22,0	13,4	11,2	0,8	0,0	0,6	0,9
	IL	11,5	50,3	37,4	7,0	0,0	2,8	3,4
	FL	3,0	4,6	13,3	12,3	0,0	11,7	14,3
	ST	10,3	4,3	25,0	77,5	0,0	84,1	80,4
Douglasie	ES	2,8	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
	EL	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
	IS	19,7	8,3	3,4	0,2	0,2	0,0	0,0
	IL	0,1	2,2	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0
	FL	71,0	56,0	25,1	9,8	19,2	0,0	0,0
	ST	6,4	33,2	71,0	89,8	80,5	0,0	0,0
Eiche	ES	61,5	6,5	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0
	EL	4,1	10,3	4,1	1,6	0,0	0,8	0,4
	IS	14,3	24,8	12,7	0,7	0,0	0,5	0,3
	IL	3,8	37,1	17,1	5,1	0,0	2,1	2,3
	FL	4,3	13,9	23,2	29,6	0,0	34,7	38,1
	ST	12,1	7,3	39,9	63,0	0,0	61,9	58,8

Baumart	Sorte	Stärkeklasse						
		-	<3	3	4	>4	5	>5
Esche	ES	52,0	6,0	2,3	0,5	0,2	0,0	0,0
	EL	6,7	13,3	6,2	2,3	1,1	0,0	0,0
	IS	21,2	39,1	16,3	0,4	0,5	0,0	0,0
	IL	10,2	30,5	15,5	6,5	4,2	0,0	0,0
	FL	3,7	5,5	14,9	15,4	18,7	0,0	0,0
	ST	6,2	5,6	44,9	74,9	75,2	0,0	0,0
Fichte	ES	2,7	0,3	0,4	0,2	0,4	0,0	0,0
	EL	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
	IS	21,3	13,3	16,8	7,2	10,9	0,0	0,0
	IL	0,1	2,5	1,0	1,1	1,2	0,0	0,0
	FL	67,7	45,3	22,9	27,7	50,6	0,0	0,0
	ST	8,1	38,5	58,9	63,7	36,9	0,0	0,0
Kiefer	ES	8,2	0,9	0,7	0,1	0,1	0,0	0,0
	EL	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
	IS	28,6	36,2	11,2	1,2	0,5	0,0	0,0
	IL	0,1	2,8	1,2	0,6	0,1	0,0	0,0
	FL	55,4	40,0	28,8	36,9	80,3	0,0	0,0
	ST	7,6	20,0	57,9	61,1	18,9	0,0	0,0
Lärche	ES	2,9	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
	EL	0,1	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
	IS	18,5	15,1	10,9	1,0	0,8	0,0	0,0
	IL	0,2	3,8	1,0	0,4	0,3	0,0	0,0
	FL	69,8	47,4	20,5	12,6	19,1	0,0	0,0
	ST	8,5	33,1	67,2	85,9	79,7	0,0	0,0

Tabelle 40: Volumenanteile [%] des Stammholzes und der Fixlängen getrennt nach Baumart, Stärkeklasse und Güte (ohne fehlende Stärkeklasse).

Baumart	Güte	Stärkeklasse					
		<3	3	4	>4	5	>5
Ahorn	A	0,3	0,1	4,4	21,8	0,0	0,0
	B	45,3	25,3	23,4	31,3	0,0	0,0
	BC	6,7	22,5	20,9	13,7	0,0	0,0
	C	35,3	42,8	43,4	26,5	0,0	0,0
	D	12,5	9,3	7,9	6,8	0,0	0,0
Birke	A	0,1	0,8	6,8	12,5	0,0	0,0
	B	3,4	3,4	20,3	33,0	0,0	0,0
	BC	0,6	13,3	36,2	24,3	0,0	0,0
	C	1,5	6,2	20,4	0,0	0,0	0,0
	D	94,3	76,4	16,4	30,2	0,0	0,0
Buche	A	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4
	B	30,0	6,8	7,3	0,0	13,7	13,4
	BC	21,2	32,4	25,6	0,0	21,1	15,8
	BR	1,3	0,3	1,7	0,0	4,6	5,9
	C	27,6	36,4	47,7	0,0	45,7	46,5
	D	19,8	24,0	17,7	0,0	14,6	18,0
Douglasie	A	0,1	0,0	0,8	12,0	0,0	0,0
	B	8,2	18,5	22,4	27,8	0,0	0,0
	BC	67,1	58,0	50,8	40,7	0,0	0,0
	C	3,8	10,0	14,8	11,3	0,0	0,0
	D	20,8	13,4	11,3	8,1	0,0	0,0
Eiche	A	0,5	0,0	0,7	0,0	4,7	23,3
	B	37,4	13,4	16,3	0,0	22,6	27,0
	BC	8,7	9,7	6,1	0,0	3,8	2,7
	C	40,3	59,8	57,9	0,0	50,7	34,2
	D	13,1	17,1	19,0	0,0	18,2	12,7
Esche	A	0,7	0,1	1,1	12,8	0,0	0,0
	B	33,0	17,0	18,6	32,4	0,0	0,0
	BC	21,6	47,8	47,8	26,4	0,0	0,0
	C	27,6	30,1	29,5	25,3	0,0	0,0
	D	17,1	5,0	3,0	3,2	0,0	0,0

Baumart	Güte	Stärkeklasse					
		<3	3	4	>4	5	>5
Fichte	A	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
	B	6,7	9,8	10,7	7,4	0,0	0,0
	BC	70,3	61,2	53,2	57,7	0,0	0,0
	C	1,9	3,2	4,0	2,9	0,0	0,0
	D	21,1	25,9	32,1	31,8	0,0	0,0
Kiefer	A	0,1	0,1	4,4	2,2	0,0	0,0
	B	0,8	2,8	19,5	8,5	0,0	0,0
	BC	48,1	50,8	41,5	85,1	0,0	0,0
	C	5,7	12,3	12,2	1,7	0,0	0,0
	D	45,4	33,9	22,4	2,4	0,0	0,0
Lärche	A	0,0	0,0	0,8	9,7	0,0	0,0
	B	12,3	14,5	27,3	36,4	0,0	0,0
	BC	51,1	46,0	38,9	37,8	0,0	0,0
	C	5,6	17,4	20,5	9,3	0,0	0,0
	D	31,0	22,1	12,5	6,8	0,0	0,0

Tabelle 41: Entwicklung des Derbholtvorrates [Mio. m³] im Projektgebiet von 2012 bis 2062 bei naturnaher Behandlung getrennt nach Baumartengruppen.

Jahr	Eiche	Buche	ALh	ALn	Summe LH	Fichte	Douglasie	Kiefer	Lärche	Summe NH	Gesamt
2012	115,33	196,77	39,77	62,10	413,97	179,66	19,88	179,05	36,59	415,19	829,16
2022	109,30	206,97	44,77	66,95	427,99	182,47	27,22	170,27	38,94	418,90	846,89
2032	113,03	224,46	55,89	72,92	466,29	172,85	35,14	159,76	42,29	410,05	876,35
2042	117,40	238,99	63,62	76,63	496,65	151,20	43,16	144,70	44,99	384,04	880,69
2052	121,21	247,04	70,84	79,16	518,25	129,88	52,09	126,01	47,27	355,25	873,50

Tabelle 42: Entwicklung der Anteile am Derbholtvorrat [%] im Projektgebiet von 2012 bis 2062 bei naturnaher Behandlung getrennt nach Baumartengruppen.

Jahr	Eiche	Buche	ALh	ALn	Summe LH	Fichte	Douglasie	Kiefer	Lärche	Summe NH	Gesamt
2.012,0	13,9	23,7	4,8	7,5	49,9	21,7	2,4	21,6	4,4	50,1	100,0
2.022,0	12,9	24,4	5,3	7,9	50,5	21,5	3,2	20,1	4,6	49,5	100,0
2.032,0	12,9	25,6	6,4	8,3	53,2	19,7	4,0	18,2	4,8	46,8	100,0
2.042,0	13,3	27,1	7,2	8,7	56,4	17,2	4,9	16,4	5,1	43,6	100,0
2.052,0	13,9	28,3	8,1	9,1	59,3	14,9	6,0	14,4	5,4	40,7	100,0
2.062,0	14,3	28,5	8,7	9,2	60,6	14,1	7,0	12,6	5,6	39,4	100,0

Tabelle 43: Derbholzvorrat [Mio. m³] im Projektgebiet im Jahr 2012 und 2062 getrennt nach Laub- und Nadelholz sowie Durchmesserklassen [cm].

Art	Jahr	Durchmesserklasse [cm]										
		7 - < 10	10 - < 20	20 - < 30	30 - < 40	40 - < 50	50 - < 60	60 - < 70	70 - < 80	80 - < 90	> = 90	
LH	2012	4,30	42,23	66,41	76,12	77,65	65,13	41,19	22,22	10,12	8,36	
	2062	5,64	68,24	86,14	79,02	74,11	72,33	57,49	36,15	24,33	36,32	
NH	2012	2,19	39,47	99,00	132,30	91,38	36,18	10,46	2,96	0,88	0,37	
	2062	5,97	54,95	56,33	68,39	64,39	45,06	26,70	13,84	7,81	7,60	

Tabelle 44: Gegenüberstellung von Zuwachs und Nutzung im Projektgebiet getrennt nach Dekaden.

Zeitraum	Zuwachs [Mio. m ³ /a]	Nutzung [Mio. m ³ /a]
2012-2022	26,2	22,5
2022-2032	23,9	19,7
2032-2042	22,6	20,6
2042-2052	21,7	20,9
2052-2062	21,5	18,1

IV Literaturverzeichnis

Ahrends B, Schmidt-Walter P, Meesenburg H 2017. Standortinformationen für die Bundeswaldinventur in Hessen. In: Waldzustandsbericht 2017, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.), 25 – 28

Bayer D, Seifert S, Pretzsch H 2013. Structural crown properties of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) and European beech (*Fagus sylvatica* [L.]) in mixed versus pure stands revealed by terrestrial laser scanning. *Trees*, 27, 1035 – 1047

Benneter A, Forrester D I, Bouriaud O, Dormann C F, Bauhus J 2018. Tree species diversity does not compromise stem quality in major European forest types. *Forest Ecology and Management*, 422, 323 – 337

BMEL 2014. Der Wald in Deutschland - Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.), Berlin, 54 S.

BMELV 2011. Aufnahmeanweisung für die dritte Bundeswaldinventur. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.), 2. Auflage, Mai 2011, 113 S.

Dieler J, Pretzsch H 2013. Plastizität von Baumkronen: Strukturmerkmale von Fichten und Buchen im Rein- und Mischbestand. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 184, 11/12, 247 – 262

Dieter M 2011. Aufkommen und Verwendung von Buchenholz in Deutschland. Johann-Heinrich von Thünen-Institut Hamburg, Institut für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft. Präsentation im Rahmen der Tagung „Perspektiven der stofflichen Nutzung der Buche“ vom 11. November 2011, Kompetenznetz für Nachhaltige Holznutzung e. V. (NHN), Göttingen. Folie 9

Fricke C 2010. Die Qualität von Buchenstammholz in Buchen-Douglasien-Mischbeständen. Masterarbeit, Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie, Georg-August-Universität Göttingen. 102 S.

Gauer J, Aldinger E 2005. Waldökologische Naturräume Deutschlands - Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke - mit Karte 1:1.000.000. *Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung*, 43, 324 S.

Guericke M 2001. Untersuchungen zur Wuchsdynamik von Mischbeständen aus Buche und Europ. Lärche (*Larix decidua*, Mill.) als Grundlage für ein abstandsabhängiges Einzelbaumwachstumsmodell. Dissertation, Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie, Georg-August-Universität Göttingen. 273 S.

Hansen J 2012. Modellbasierte Entscheidungsunterstützung für den Forstbetrieb. Optimierung kurzfristiger Nutzungsoptionen und mittelfristiger Strategien unter Verwendung metaheuristischer Verfahren und parallelen Rechnens. Dissertation, Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie, Georg-August-Universität Göttingen, Cuvillier Verlag, 228 S.

- Hansen J, Nagel J 2014. Waldwachstumskundliche Softwaresysteme auf Basis von TreeGrOSS - Anwendung und theoretische Grundlagen. Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 11, 224 S.
- Hansen J, Ludwig A, Spellmann H, Nagel J, Möhring B, Lüpke N v, Schmidt-Walter P 2008. Rohholzpotenziale und ihre Verfügbarkeit in Hessen. Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Göttingen, 47 S.
- HF 2016. Grundsätze und Leitlinien zur naturnahen Wirtschaftsweise im hessischen Staatswald. HessenForst, 100 S.
- Höwler K, Annighöfer P, Ammer C, Seidel D 2017. Competition improves quality-related external stem characteristics of *Fagus sylvatica* L. Canadian Journal of Forest Research, 47, 1603 – 1613
- Kleinschmit J, Svolba J 1996. Ergebnisse der Buchenherkunftsversuche von Krahl-Urban. AFZ/Der Wald 51, 779 – 782.
- Mantau U 2015. Sicherung der Nadelrohholzversorgung in Norddeutschland; Teilvorhaben 1b: Nadelholz-Bedarfsanalyse der Holzindustrie in Norddeutschland - Regionale Holzrohstoffbilanz. NW-FVA und INFRO – Informationssysteme für Rohstoffe, 42 S.
- Mantau U, Döring P, Weimar H, Glasenapp, S 2018. Rohstoffmonitoring Holz - Mengenmäßige Erfassung und Bilanzierung der Holzverwendung in Deutschland. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (Hrsg.), Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe, 38, 161 S.
- ML 2013. Langfristige, ökologische Waldentwicklung in den Niedersächsischen Landesforsten. Nds. MBl. Nr. 9, 214 – 220
- ML 2014. Der Wald in Niedersachsen – Ergebnisse der Bundeswaldinventur 3. Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 55 S.
- MULE 2014. Leitlinie Wald. Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Energie, Magdeburg, 49 S.
- Pretzsch H, Rais A 2016. Wood quality in complex forests versus even-aged monocultures: review and perspectives. Wood Science and Technology, 50, 845 – 880
- Rais A 2015. Growth and wood quality of Douglas-fir. Dissertation, Technische Universität München. München, 122 S.
- Rau H, Rumpf H, Schönfelder E 2015. Neue Ergebnisse aus den Buchen-Herkunftsversuchen von Krahl-Urban. Forstarchiv, 86, 27 – 41

Richter J 1999. Inwieweit sind Kronenform und Schaftqualität der Rotbuche genetisch bedingt? Forst u. Holz, 54. Jg., 15, 460 – 462

Rüther B, Hansen J, Ludwig A, Spellmann H, Nagel J, Möhring B, Dieter M 2007. Clusterstudie Forst und Holz Niedersachsen. Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 1, 103 S.

Rüther B, Hansen J, Ludwig A, Spellmann H, Nagel J, Möhring B, Lüpke N v, Schmidt-Walter P, Dieter M 2008. Clusterstudie Forst und Holz Schleswig-Holstein. Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.), Göttingen, 78 S.

Sauerwein P 2010. Fakten zur Verfügbarkeit von Holz als Rohstoff für die deutsche Wirtschaft. Verband der Deutschen Holzwerkstoffindustrie e. V., Gießen

Schmidt M, Nowack S, Riebeling R 2008. Methodische Ansätze und Ergebnisse zur Quantifizierung des Buchen-Rotkerns in Hessen. In: Ergebnisse angewandter Forschung zur Buche, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.). Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 3, Universitätsdrucke Göttingen, 267 – 290

Schober R 1972. Die Rotbuche 1971. Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und Mitteilungen des Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 43/44. J. D. Sauerländers's Verlag, Frankfurt am Main, 445 S.

Seintsch B, Rosenkranz L 2014. Mögliche Wirkungen des Waldnaturschutzniveaus auf die holzbasierte Wertschöpfung in Deutschland. Vortrag auf dem 3. Workshop der Dialogplattform Wald, 28.-29.4.2014 in Brilon

SHLF 2011. Betriebsanweisung Waldbau der Schleswig-Holsteinischen Landesforsten (AöR), 77 S.

von Lüpke B, Spellmann H 1997. Aspekte der Stabilität und des Wachstums von Mischbeständen aus Fichte und Buche als Grundlage für waldbauliche Entscheidungen. Forstarchiv, 68, 167 – 179

Weimar H, Seintsch B 2012. Laubholz in Deutschland – Auf welchen Markt trifft das Potenzial? In: FNR (Hrsg.): Stoffliche Nutzung von Laubholz. Gülzower Fachgespräche, Bd. 40, S. 11 und S. 54-67

Wiedemann E 1951. Ertragskundliche und waldbauliche Grundlagen der Forstwirtschaft. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., 346 S.

Wördehoff R, Fischer C, Spellmann H 2017. II. Cluster- und Kohlenstoffstudie Niedersachsen. Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.), Göttingen, 40 S.

Wördehoff R 2016. Kohlenstoffspeicherung als Teilziel der strategischen Waldbauplanung. Dissertation, Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie, Universität Göttingen, 208 S.