



The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
<http://ageconsearch.umn.edu>
aesearch@umn.edu

Papers downloaded from AgEcon Search may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

Einschlagstopp in alten, naturnahen Buchenwäldern im öffentlichen Besitz:

Definition, Vorkommen, Inventur-Kennzahlen, Gefährdung und ökonomische Bewertung

Andreas Bolte, Franz Kroher, Joachim Rock,
Matthias Dieter, Matthias Bösch, Peter Elsasser, Kristin Franz,
Cornelius Regelmann, Lydia Rosenkranz, Björn Seintsch

Thünen Working Paper 197

Prof. Dr. Andreas Bolte
Franz Kroher
Dr. Joachim Rock
Thünen-Institut für Waldökosysteme
Alfred-Möller-Straße 1, Haus 41/42
16225 Eberswalde
Telefon: +49 3334 3820 334
E-Mail: wo@thuenen.de

Prof. Dr. Matthias Dieter
Dr. Matthias Bösch
Dr. Peter Elsasser
Dr. Kristin Franz
Dr. Cornelius Regelmann
Dr. Lydia Rosenkranz
Dr. Björn Seintsch
Thünen-Institut für Waldwirtschaft
Leuschnerstraße 91
21031 Hamburg-Bergedorf
Telefon: +49 40 739 62 301
E-Mail: wf@thuenen.de

Thünen Working Paper 197

Braunschweig/Germany, Juli 2022

Zusammenfassung

Der Koalitionsvertrag der Bundesregierung sieht vor, dass der Einschlag in alten, naturnahen Buchenwäldern im öffentlichen Besitz gestoppt werden soll (SPD/Grüne/FDP 2021, Zeile 1219-1220). Im vorliegenden Thünen Working Paper werde für alte, naturnahe Buchenwälder mögliche Definitionen und deren Vorkommen aufgezeigt, zentrale Inventur-Kennzahlen zu diesen Wäldern vorgestellt, mögliche Gefährdungen beschrieben und ökonomische Bewertungen durchgeführt.

Wir schlagen folgende Definition vor, um den Begriff „alter, naturnaher Buchenwälder“ zu operationalisieren: Wälder mit (1) **>75 % Buchenanteil an der Grundfläche**, (2) einem **Mindestalter von 140 Jahren**, (3) **Vorkommen auf heute buchengeeigneten Standorten (inklusive Risikostandorte)** und (4) einer **Mindestfläche von 1 ha**. Nähere Erläuterungen zu den Kriterien findet sich in Abschnitt 3.1.

Ohne das Mindestflächen-Kriterium umfasst die Fläche alter, naturnaher Buchenwälder 205.200 ha; zieht man alle vier obengenannten Kriterien heran, dann verbleiben grob geschätzt 168.300 ha mit einer Mindestfläche von 1 ha (Tabelle 1).

Tabelle 1: Wichtige Kennzahlen zu alten, naturnahen Buchenwäldern (nach oben genannter Definition)

	Staatswald* (Bund und Land)	Kommunal- wald	Privat- wald
Waldfläche [ha] (ohne Kleinstflächen <1ha)	83.200 (68.200)	54.600 (44.,800)	67.400 (55.300)
Schutzgebiete ohne Nutzungseinschränkung [ha]	34.600	16.200	17.700
Nicht-Schutzgebiete ohne Nutzungseinschränkung [ha]	34.300	36.800	44.800
Risikofläche [ha]	25.000	19.400	22.400
Bestandesvorrat [Mio. m³, VFm]	59	101	66
Zuwachs [Mio. m³ a⁻¹, VFm]	0,8	1,3	0,7
Nutzung [Mio. m³ a⁻¹, EFm]	0,6	2,4	1,1
Kohlenstoffvorrat [Mt CO₂-Äqu.]	69	130	84
Kohlenstoff-Einbindung [Mt CO₂-Äqu. a⁻¹]	1,1	1,6	0,8
Abtriebswert [Mio. €]	1.188	864	1.573
Deckungsbeitragverlust durch Nicht- nutzung [Mio. € a⁻¹]	26	18	28
Gesellschaftlicher Nutzen durch Holz- nutzungsverzicht [Mio. €]**	(>130 J.) 1.500		

*Staatswald zusammengefasst, weil wegen der geringen Flächen im Bundeswald keine abgesicherten getrennten Schätzungen möglich sind.

** Die verfügbaren Nutzenschätzungen können der Fläche der über 130-jährigen Bestände im öffentlichen Wald mit einem Buchenanteil von mindestens 50 % zugerechnet werden.

Schlüsselwörter: alte Buchenwälder, Kennzahlen, Deutschland, Stilllegung, Kosten, Nutzen

Summary

The coalition agreement of the German government stipulates that logging in old, near-natural beech forests in public ownership should be stopped (SPD/Grüne/FDP 2021, line 1219-1220). In this Thünen Working Paper, possible definitions and their occurrence are presented for old, near-natural beech forests, central inventory key figures for these forests are presented, possible threats are described and economic evaluations are carried out.

We propose the following definition to operationalise the term "old, near-natural beech forests": forests with (1) **>75 % beech share of the basal area**, (2) a **minimum age of 140 years**, (3) **occurrence at sites currently suitable for beech (inclusive risk area)** and (4) a **minimum area of 1 ha**. More detailed explanations of the criteria can be found in section 3.1.

Without the minimum area criterion, the area of old, near-natural beech forests comprises 205,200 ha; if all four of the above criteria are considered, then a rough estimate of 168,300 ha with a minimum area of 1 ha remains (Table 1)

Table 1: Important key figures on old, near-natural beech forests (according to the above-mentioned definition)

	state forests*	communal forest	private forest
Forest area [ha] (excluding small areas <1ha)	83.200 (68.200)	54.600 (44.800)	67.400 (55.300)
Conservation area (without restriction of use). [ha]	34.600	16.200	17.700
Non-conservation area (without restriction of use). [ha]	34.300	36.800	44.800
Risk area [ha]	25.000	19.400	22.400
Timber stock [Mio. m³]	59	101	66
Increment [Mio. m³ a⁻¹]	0,8	1,3	0,7
Timber harvests [Mio. m³ a⁻¹]	0,6	2,4	1,1
Carbon stock [Mt CO₂-Äqu.]	69	130	84
Carbon sequestration [Mt CO₂-Äqu. a⁻¹]	1,1	1,6	0,8
Timber value [Mio. €]	1.188	864	1.573
Loss of contribution margin due to non-utilisation [Mio. € a⁻¹]	26	18	28
Benefit of timber harvesting waiver for society [Mio. €]	(>130 J.) 1.500		

*State forests summarised, because due to the small areas of the federal forests no statistically supported estimates are possible for federal forests alone.

** The available benefit estimates can be attributed to the area of stands >130 years in public forests with a beech share of at least 50 %.

Keywords: old beech forests, key figures, Germany, set-aside, cost, benefit

Inhalt

Zusammenfassung	3
Summary	4
1 Anlass und Vorgaben	6
2 Bedeutung und Vorkommen der Buchenwälder in Deutschland	7
2.1 Vorschlag einer Definition „alter, naturnaher Buchenwälder“	7
2.2 Buchenwälder allgemein	9
2.3 Alte Buchenwälder im öffentlichen Besitz	10
2.4 Alte Buchenwälder im Privatbesitz	12
3 Vorrat, Zuwachs, Nutzung und Rohholzpotenzial	14
4 Kohlenstoffvorrat und seine Änderung, Kohlenstoffbindungspotenzial	16
5 Risiko alter Buchenwälder im Klimawandel	17
6 Ökonomische Bewertung des Holzvorrats, des Rohholzpotenzials sowie des Deckungsbeitrages alter Buchenwälder aus forstbetrieblicher Sicht	18
7 Kosten durch entgangene Wertschöpfung in der Forst- und Holzwirtschaft	20
8 Kosten/Nutzen aus gesellschaftlicher Sicht	22
9 Quellenverzeichnis	25
10 Anhang	27
Ökonomische Bewertung des Holzvorrates sowie des Deckungsbeitrages alter Buchenwälder aus forstbetrieblicher Sicht: ausführliche Version	27
Monetäre Bewertung des Holzvorrates alter Buchenwälder	28
Monetäre Bewertung des Rohholzpotenzials des WEHAM-Basiszenarios 2012 für alte Buchenwälder	30
Simulation der langfristigen Veränderung der holzerntekostenfreien Erlöse der Restflächen bei Einschlagsverzicht in alten Buchenwäldern	32
Orthofotobilder von alten, naturnahen Buchenwäldern	43

1 Anlass und Vorgaben

Der Koalitionsvertrag der Bundesregierung sieht vor, den „*Einschlag in alten, naturnahen Buchenwäldern im öffentlichen Besitz (zu) stoppen*“ (SPD/Grüne/FDP 2021, Zeile 1219-1220). Dieses Ziel wurde in die Prioritätenliste der 100-Tage-Bilanz aufgenommen. Zur Entwicklung von Umsetzungskonzepten für dieses Ziel bat das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) das Thünen-Institut (Fachinstitute für Waldökosysteme und für Waldwirtschaft) um evidenzbasierte Entscheidungsgrundlagen.

Insbesondere sollen Grundlageninformation und Einschätzungen zu folgenden Themen bereitgestellt werden:

- 1. Vorschlag einer Definition „alter, naturnaher Buchenwälder“**
- 2. Bedeutung und Vorkommen der Buchenwälder in Deutschland**
- 3. Vorrat, Zuwachs, Nutzung, Rohholzpotential**
- 4. Kohlenstoffvorrat und seine Änderung, Kohlenstoffbindungspotential**
- 5. Risiko alter Buchenwälder mit Blick auf den Klimawandel**
- 6. Ökonomische Bewertung eines Einschlagstopps aus forstbetrieblicher Sicht**
- 7. Kosten eines Einschlagstopps durch entgangene Wertschöpfung**
- 8. Kosten/Nutzen-Bewertung aus gesellschaftlicher Sicht**

Im Folgenden werden die Angaben für den Gesamtwald, aber auch getrennt nach Besitzarten aufbereitet.

Als „öffentliche Wälder“ werden Wälder in Bundes-, Landes- und Kommunalbesitz berücksichtigt (in Abgrenzung zu Privatwäldern). Für flächen- und lagebezogene Analysen (Themen 1 und teilweise 6) werden Daten der Bundeswaldinventur 2012 (BWI 2012) und der Kohlenstoffinventur 2017 (CI 2017) verwendet. Diese liegen als „reelle“ Daten, d.h. bezogen auf die Gesamtfläche der Bezugseinheit (z.B. Waldfläche Deutschlands) oder als „ideelle“ Daten, d.h. bezogen auf die Anteilsfläche z.B. der Baumarten, vor. Angaben zum Buchenanteil (dominante Buchenwälder: >50 % Grundflächenanteil bzw. 75 % Grundflächenanteil, reine Buchenwälder: >90 % Grundflächenanteil) verwenden „reelle“ Daten. Andere Themen (2, 3, 5, teilweise 6) wurden mit „ideellen“ Daten auf der Bundesebene bearbeitet, bei denen alle Buchenanteile aus Rein- und Mischbeständen rechnerisch zu gleichhaltigen Reinbeständen zusammengefasst werden („Buche“). Die unterschiedliche Betrachtung ist notwendig, da man je nach Fragestellung nur mit einem der beiden Ansätze Antworten erhält. Die Risikobetrachtung (Thema 4) erfolgt anhand publizierter Daten allgemein für Buchenbestände ohne Alters- und Besitzdifferenzierung.

Für die Quantifizierung unterschiedlicher Charakteristika „*alter Buchenwälder*“ werden Daten aus verschiedenen Quellen zusammengeführt. Die Bundeswaldinventur 2012 enthält den umfangreichsten Datenbestand zu Vorräten, Zuwachs und Holznutzung. Auf ihr basiert die Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung (WEHAM), welche die Entwicklung des Waldes und das Rohholzpotenzial für die nächsten vier Jahrzehnte gemäß den Erfahrungen der letzten Jahre und Erwartungen an die kommenden Jahre (Basis-Szenario) abschätzt. Beide Quellen stellen aber mit ihrem Stichjahr 2012 den Stand von vor 10 Jahren dar. Die Kohlenstoffinventur (CI 2017) ist die aktuellste bundesweite Waldinventur. Als Unterstichprobe der BWI hat sie jedoch einen geringeren Stichprobenumfang; daher sind die Möglichkeiten zur Sub-Stratifizierung hier eingeschränkter. Im Folgenden wird daher auf Ergebnisse der CI 2017 zurückgegriffen und wo dies nicht möglich ist (insbesondere bei detaillierteren Lage- und Flächenanalysen), auf die BWI 2012 bzw. die darauf aufbauenden WEHAM-Ergebnisse.

Zum Begriff „*alte, naturnahe Buchenwälder*“ ist zu bemerken, dass in vielen dauerwaldartig bewirtschafteten Buchenbeständen Bäume sehr unterschiedlichen Alters, aber zum Teil vergleichbarer Dimension (Durchmesser, Höhe) zusammenwachsen. Hier liefert das (mittlere) Alter nur eine unscharfe Klassifizierung. Der Begriff der „*Naturnähe*“ muss zudem im Zusammenhang mit Verschiebungen der zukünftigen natürlichen Verbreitung der Buche durch den Klimawandel als veränderliches Attribut für einen Teil der heute (noch) naturnahen Buchenwälder angesehen werden (vgl. Thema 4, Risikobetrachtung). Bei nennenswerten Beimischungen anderer Baumarten in buchendominierten Wäldern (bis zu 50 %) stellt sich schließlich die Frage, ob der seitens der Regierungsparteien angestrebte Einschlagstopp auch für diese Wälder gelten soll oder nicht; diese Entscheidung obliegt jedoch nicht Wissenschaftlern, sondern ist eine politische Aushandlung.

2 Bedeutung und Vorkommen der Buchenwälder in Deutschland

2.1 Vorschlag einer Definition „alter, naturnaher Buchenwälder“

Klare und transparente Kriterien sind erforderlich, um die Auswahl und Kontrolle der angestrebten Nutzungsaufgabe zu operationalisieren. Die von uns vorgeschlagene Operationalisierung richtet sich auch nach der Verfügbarkeit von Angaben aus Inventuren und der Forsteinrichtung.

Kriterium 1: Buchenwälder = Bestände mit >75 % Buchenanteil (an der Grundfläche (GF))

Buchenwälder sind Waldgesellschaften mit einer bestimmten Beimischung anderer Baumarten. Diese Mischungsanteile können je nach Waldtyp größer sein (z.B. in thermophilen Kalkbuchenwäldern) oder geringer (z.B. in bodensauren Buchenwäldern). Mit dem Kriterium >75 % Buchenanteil können entsprechende naturnahe Wälder gut abgedeckt werden. Eine niedrigere Schwelle (z.B. 50 %) birgt das Risiko, eine ganze Reihe von Halbforsten mit Mischungen von naturnahen Buchenanteilen und naturfernen Nadelbaumanteilen (Fichte/Buche, Kiefer/Buche, Douglasie/Buche) mit einzubeziehen, die nicht die Zielbestände im Sinne des Koalitionsvertrages sein dürfen.

Kriterium 2: Alte Buchenwälder = Buchenwälder mit einem Mindestalter von 140 Jahren

Bei der Altersgrenze sind zum einen Charakteristika der Bestandesentwicklung alter Buchenwälder (Alters- und Zerfallsphase) zu berücksichtigen, zum anderen auch zukünftige Optionen der Starkholzerzeugung in Buchenwäldern für die stoffliche Verwendung (Primat des Klimaschutzes) zu ermöglichen. Bei einer Altersgrenze von 140 Jahren lassen sich auch auf Standorten mit geringer Nährstoffausstattung und Wasserhaltekapazität Zieldurchmesser von 60 cm BHD und mehr erreichen. Auch das Vorkommen einer entwertenden Verkernung (Rotkern, Spritzkern) nimmt erst ab einem Alter von ca. 120 Jahren zu. Beides zusammen lässt den Schluss zu, dass bis zum Alter von 140 Jahren eine ausreichende Stark- und Wertholzproduktion (für die stoffliche Verwertung) erreicht werden kann. Bei höheren Altern nimmt der wirtschaftliche Wert der Bestände in der Regel wieder deutlich ab.

Kriterium 3: Naturnahe Buchenwälder = alle heute vorkommenden Buchenwälder

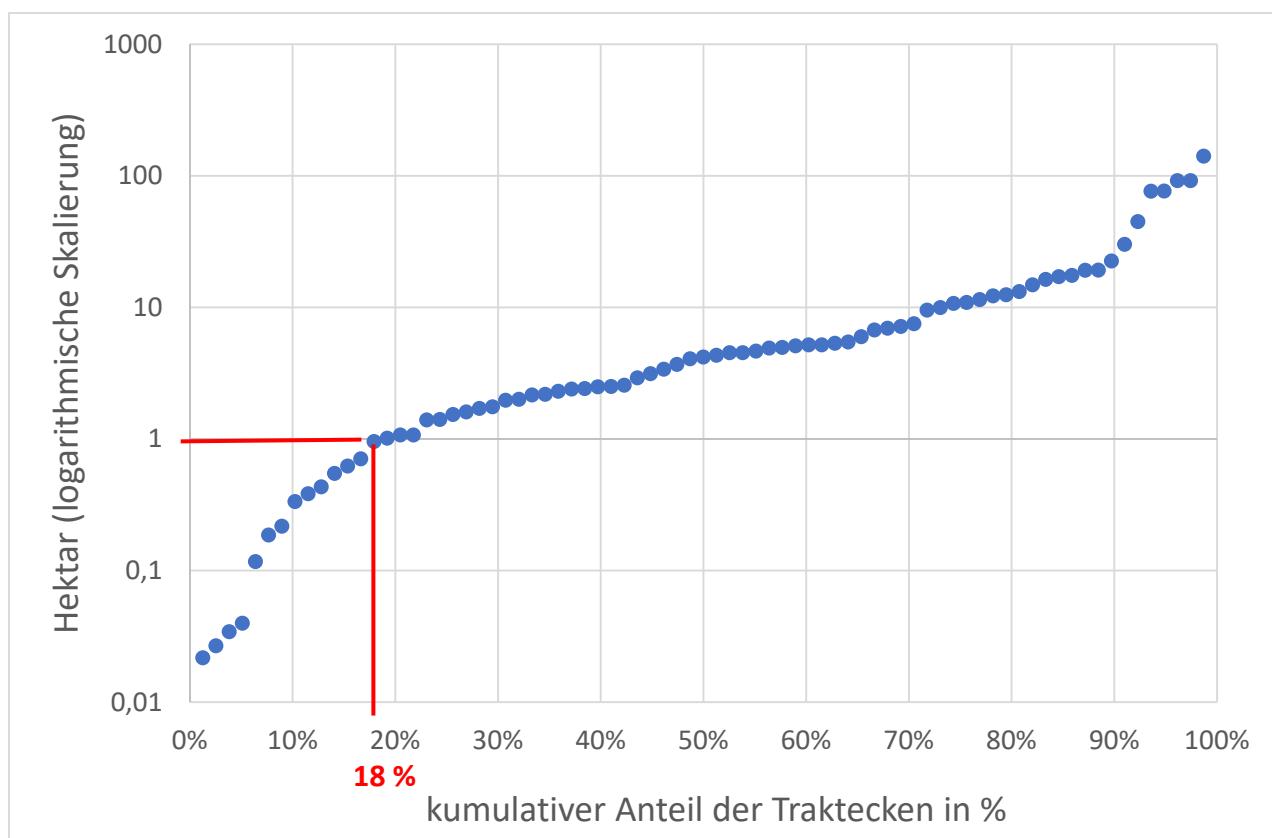
Buchenwälder stellen den Großteil der rezent potenziellen natürlichen Vegetation (pnV) in Deutschland. Die seit ca. 300 Jahren planmäßige forstwirtschaftliche Nutzung in Deutschland hat Nadelholzbestände insbesondere mit Fichte und Kiefer als Nutzholzbaumarten begünstigt, so dass heute in weiten Teilen Deutschlands Nadelbaum-Forste auf natürlichen Buchenwaldstandorten wachsen. Buchenforste, d.h. der Anbau von Buchenwäldern auf Waldstandorten, in denen von Natur aus andere Baumarten dominieren würden, sind dagegen sehr selten, so dass nahezu sämtliche der heute anzutreffenden Buchenwälder als naturnah im Sinne des Standorts gelten können. Die mögliche natürliche Ablösung (Sukzession) bzw. der Waldumbau von heutigen Buchenwäldern auf Risikostandorten durch Wälder mit weniger hitze- und trockenheitsempfindlichen Baumarten wird im Kapitel 5 thematisiert. Wegen der Dringlichkeit des Umbaus und der Waldanpassung von Fichten- und anderen Nadelholzbeständen wird empfohlen, auch die zukünftig möglicherweise gefährdeten Risiko-Buchenwälder in den Flächenpool der „alten, naturnahen Buchenwälder“ (mit Nutzungsaufgabe) einzubeziehen und damit dem Prinzip der „passiven Waldanpassung“ zu folgen. Dies bedeutet, dass heute als „alte, naturnahe Buchenwälder“ ausgewählte Bestände sich im Zuge einer klimawandel-bedingten Sukzession auch zu anderen Waldtypen entwickeln können.

Kriterium 4: Mindestfläche von 1 ha

Ein buchentypisches Innenklima und eine spürbare Wirkung altersbedingter Entwicklungsphasen auf die Biodiversität sind erst ab einer Mindestfläche von ca. 1 ha zu erwarten, weil ansonsten Randeffekte überwiegen.

Bei der Lokalisation entsprechender Waldflächen über die Bundeswaldinventur entsteht jedoch das technische Problem, dass dort zu den jeweiligen Traktecken nicht auch die Fläche des zugehörigen Bestandes erhoben wird. Um die Auswirkung dieses Problems quantifizieren zu können, wurde eine Zufallsstichprobe von acht Prozent aller Traktecken, die den Kriterien 1 – 3 entsprechen, gezogen und dort mittels Infrarot-Orthofotos die Flächengrößen der umliegenden Bestände bestimmt¹. Es zeigte sich, dass 18 % der Traktecken in Beständen kleiner als einem Hektar liegen und zudem in Umfeld (inmitten vom Wald bis angrenzend einer Stadt) und Form (gut arrondierte bis amöbenartige oder länglich gezogene Bestände) variieren. Daher wurden alle auf BWI- und WEHAM-Werten basierenden Gesamtflächenangaben um 18 % reduziert.

Abbildung 1: Bestandesgrößen in Hektar von alten naturnahen Buchenwäldern, die den Kriterien 1 – 3 entsprechen 18% der Traktecken liegen in Beständen kleiner einem Hektar (Quelle, Zufallsstichprobe aus BWI2012).



In weiterer Folge zeigen Abbildungen (z.B. Abbildung 4, Abbildung 5) und Tabellen (z.B. Tabelle 5) nicht nur Ergebnisse für alte naturnahe Buchenwälder gemäß den Kriterien sondern zusätzlich von Buchenwäldern mit einem Buchenanteil von 50 %/90 % an der Grundfläche und/oder mit einem Alter von 120 und mehr. Dadurch lassen sich die Ergebnisse mit publizierten Daten aus der BWI und WEHAM in Beziehung setzen, wie auch Ergebnisänderungen bei variablen Eingangskriterien darstellen.

¹ Beispieldaten sind im Anhang „Orthofotobilder von alten, naturnahen Buchenwäldern“ (Seite 48) ersichtlich.

2.2 Buchenwälder allgemein

Rotbuchenwälder haben in Mitteleuropa ihr weltweites Verbreitungszentrum. Als Klimax- oder Schlusswaldbaumart wachsen sie von der planaren bis zu der hochmontanen Klimastufe auf saurem wie auf basischem Gestein. „Potenziell natürlich“ finden sich Buchenwaldgesellschaften auf 75 % der mit Wald bedeckten Fläche in Deutschland. Aktuell (BWI 2012) ist die Rotbuche auf 16,6 % der Waldfläche (1.801.000 ha) vorherrschend (Abbildung 2). Auf Kosten der fichtendominierten Wälder nimmt der Anteil der buchendominierten Wälder zu. In Buchenwäldern haben die Bäume vor denen in Eichen- und Tannenwäldern das höchste Durchschnittsalter in Deutschland. Knapp die Hälfte der Buchenwälder weist ein Alter über 100 Jahre auf. Im öffentlichen Wald (Bundes-, Landes- und Kommunalwald) wachsen auf knapp 1,2 Mio. ha Wälder, in denen die Buche dominant ist. Das sind 24 % der Wälder im Besitz von Städten, Kommunen und Körperschaften und 21,5 % im Landeswald. Die Anteile im Privatwald mit 11,5 % und im Bundeswald mit 5,9 % liegen deutlich darunter (Abbildung 3, nächste Seite).

Abbildung 2 links: BWI-Trakte mit Buche (grün, blau und oliv), sowie öffentlicher Wald älter als 120 Jahre mit mindestens 50 % bis 90 % Buchenanteil (Quelle BWI 2012);
rechts: Flächenanteil buchendominanter Wälder (grünes Segment) an der Gesamtwaldfläche je Bundesland, Kreisgröße proportional zur Waldflächengröße (Quelle BWI 2012)

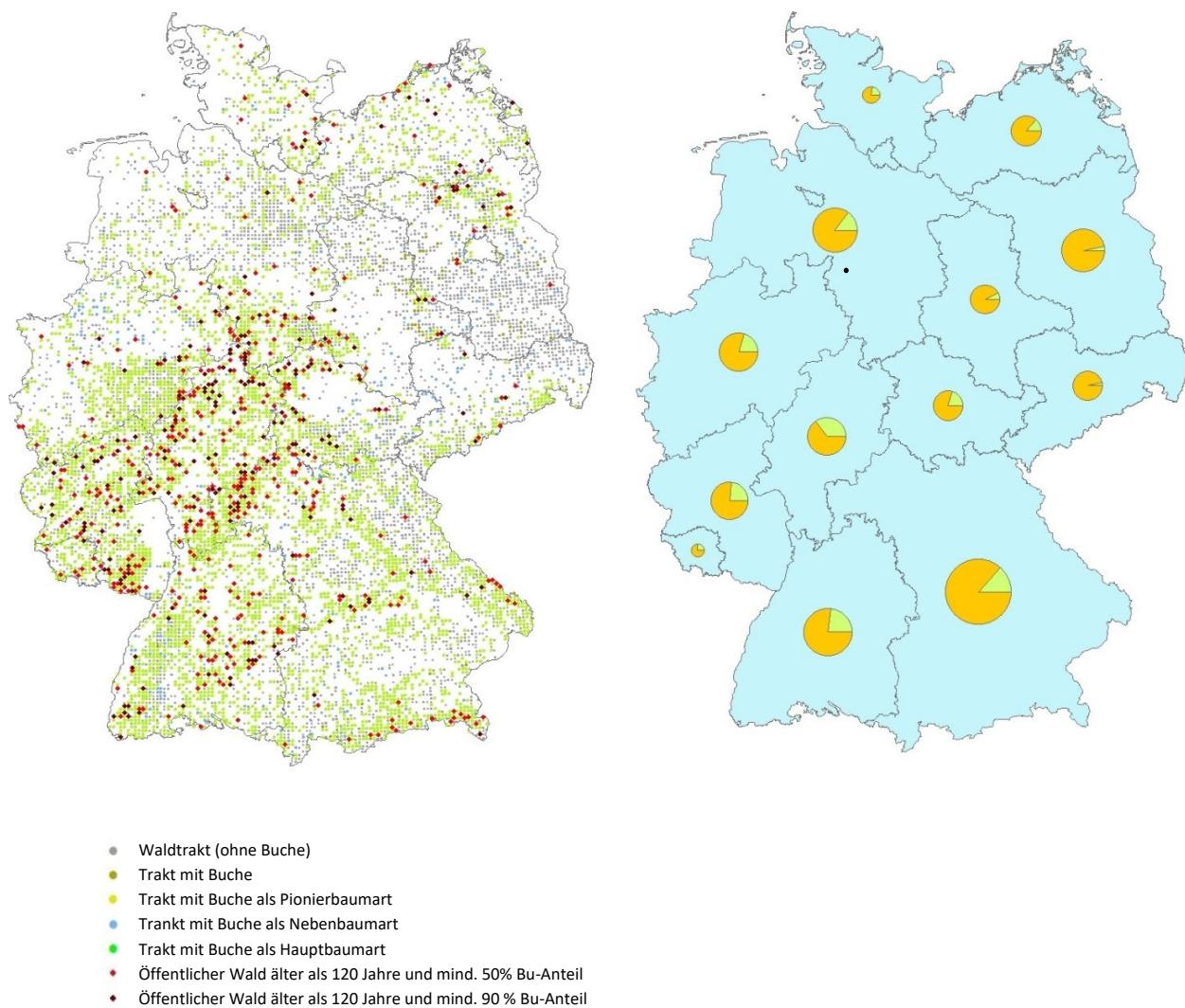
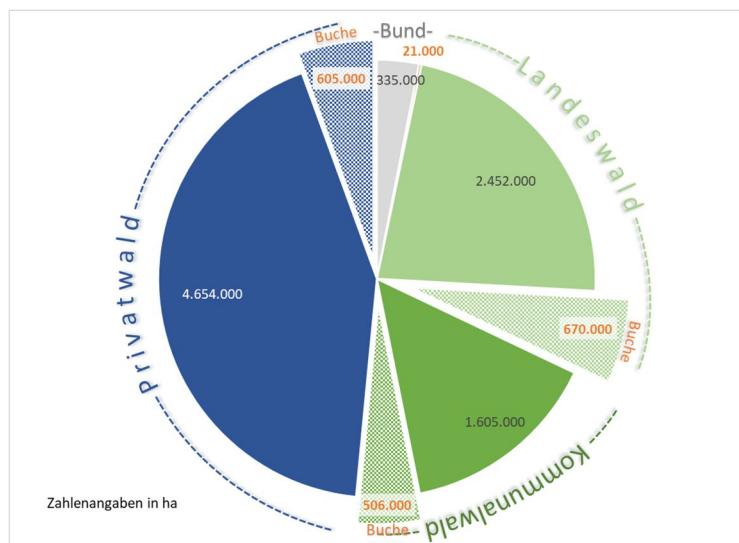


Abbildung 3: Waldfläche [ha] nach Eigentumsarten, differenziert nach buchendominierten Wäldern (kariert) und nicht buchendominierten Wäldern (Quelle BWI 2012).

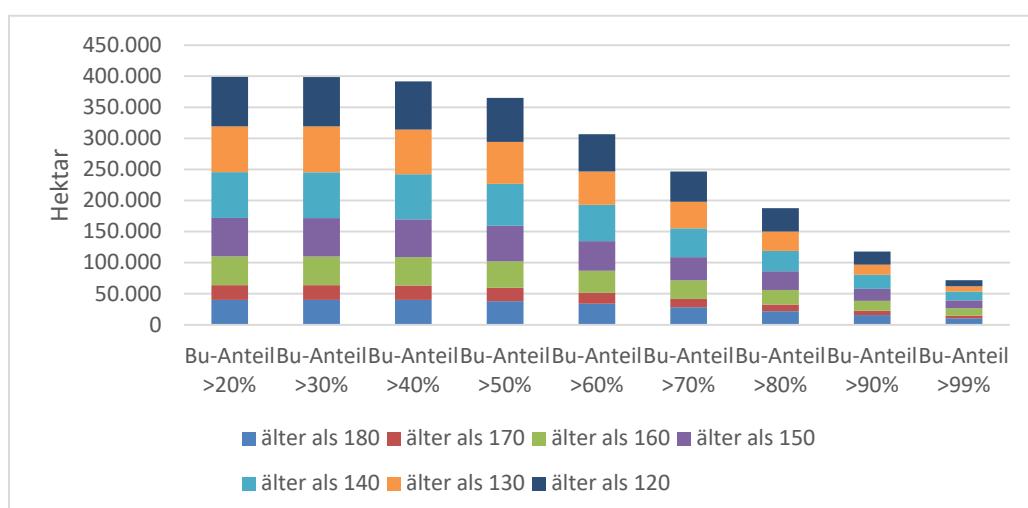


2.3 Alte Buchenwälder im öffentlichen Besitz

Für „alte naturnahe Buchenwälder“ gibt es bislang keine einheitliche Definition. Anhand der im öffentlichen Besitz befindlichen Buchenwälder wurde untersucht, wie sich das Ausmaß der in Frage kommenden Fläche je nach Altersgrenze (Kriterium 2) und Grundflächenanteil (Kriterium 1) der Buche ändert (Abbildung 4). Bei einer Altersgrenze von >120 Jahren und einem Anteil von mehr als 50 % der Bestandesgrundfläche (Buchendominanz) erfüllen öffentliche Wälder auf ca. 365.000 ha dieses Kriterium; knapp ein Drittel dieser Fläche (ca. 117.000 ha) ist sogar mit weitgehend reinen Buchenbeständen (>90 % Grundfläche (GF%)) bestanden (Abbildung 4). Bei einer Altersgrenze von >150 Jahren verringern sich die jeweiligen Flächen auf ca. 159.000 ha (>50 GF%) bzw. 58.000 ha (>90 GF%).

Gemäß Kriterien 1 - 3 (siehe Kapitel 2.1) ergeben sich 137.800 ha alte Buchenwälder im öffentlichen Besitz von Bund, Ländern und Gemeinden, bei einem überschlägigen Abzug von 18 % Fläche für Bestände unter 1 ha Größe (= Kriterium 4) sind es dann ca. 113.000 ha.

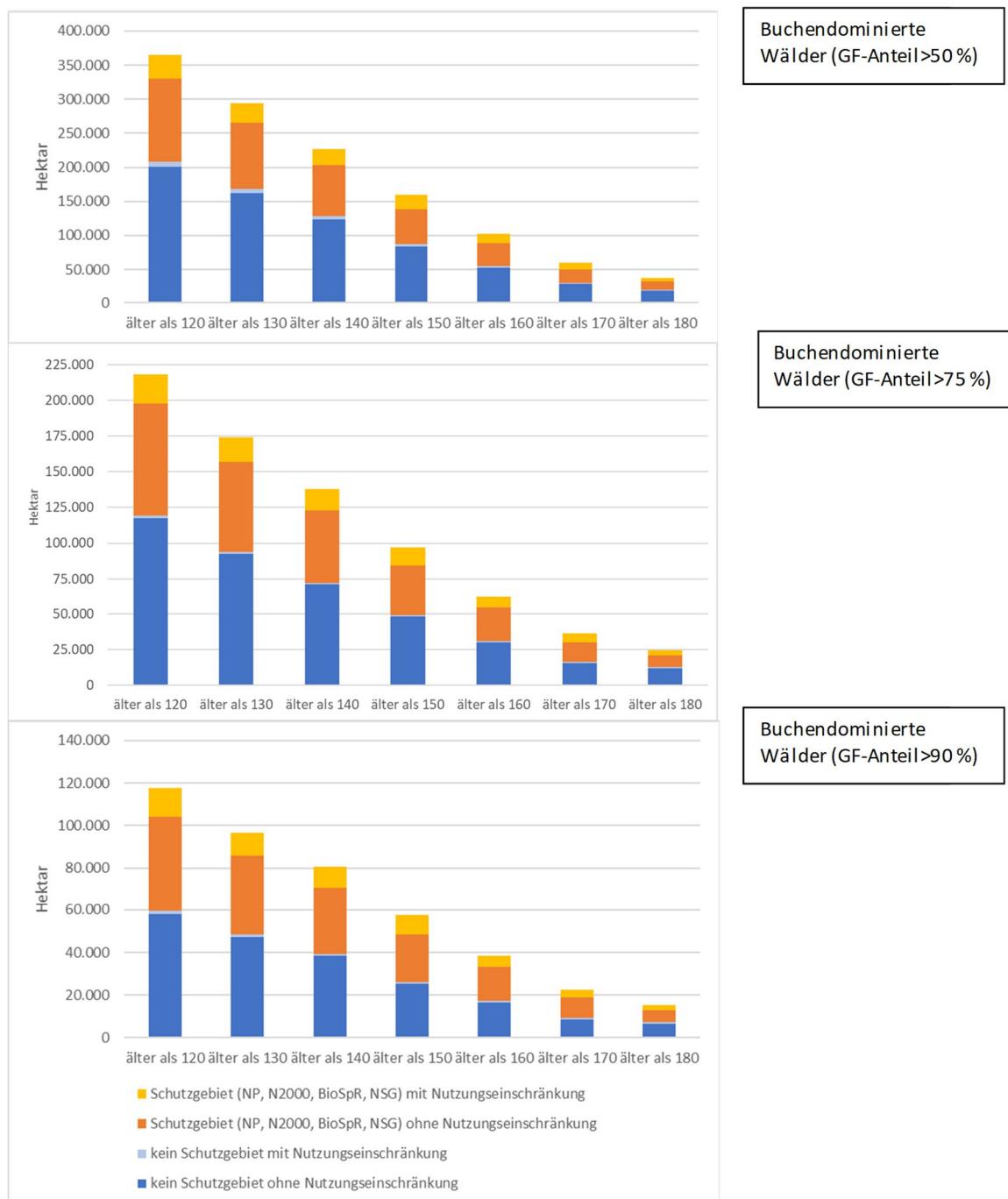
Abbildung 4: Fläche von Wäldern mit Buche nach Grundflächenanteil und Alter im öffentlichen Besitz (Bundeswald + Landeswald + Kommunalwald) (Quelle BWI2012)



Schon jetzt befinden sich 45 % der buchendominierten Wälder (>50 GF%) und 50 % der Buchenwälder (>90 GF%) im Alter von über 120 Jahren in einem Schutzgebiet mit erhöhten Schutzanforderungen (Nationalpark, Natura-2000 Gebiet, Biosphärenreservat, Naturschutzgebiet). (Abbildung 5).

Betrachtet man allein die Flächen (inner- und außerhalb von Schutzgebieten), die nach BWI bislang keinen innerbetrieblichen wie auch außerbetrieblichen Nutzungseinschränkungen unterliegen, so reduziert sich die oben genannte Fläche **gemäß der Kriterien 1 - 3 auf ca. 122.000 ha alte Buchenwälder im öffentlichen Eigentum.**

Abbildung 5: Fläche der buchendominierten Wälder (Grundfläche (GF) >50 %, oben; GF > 75% mittig; GF >90%, unten) im öffentlichen Besitz ab Alter 120 Jahre in der Hauptbestockung, differenziert nach Nutzungseinschränkung und Schutzgebietscharakter (Nationalpark (NP) + Natura2000-Gebiet (N2000) + Naturschutzgebiet (NSG) + Biosphärenreservat (BioSpR), (Quelle BWI2012)

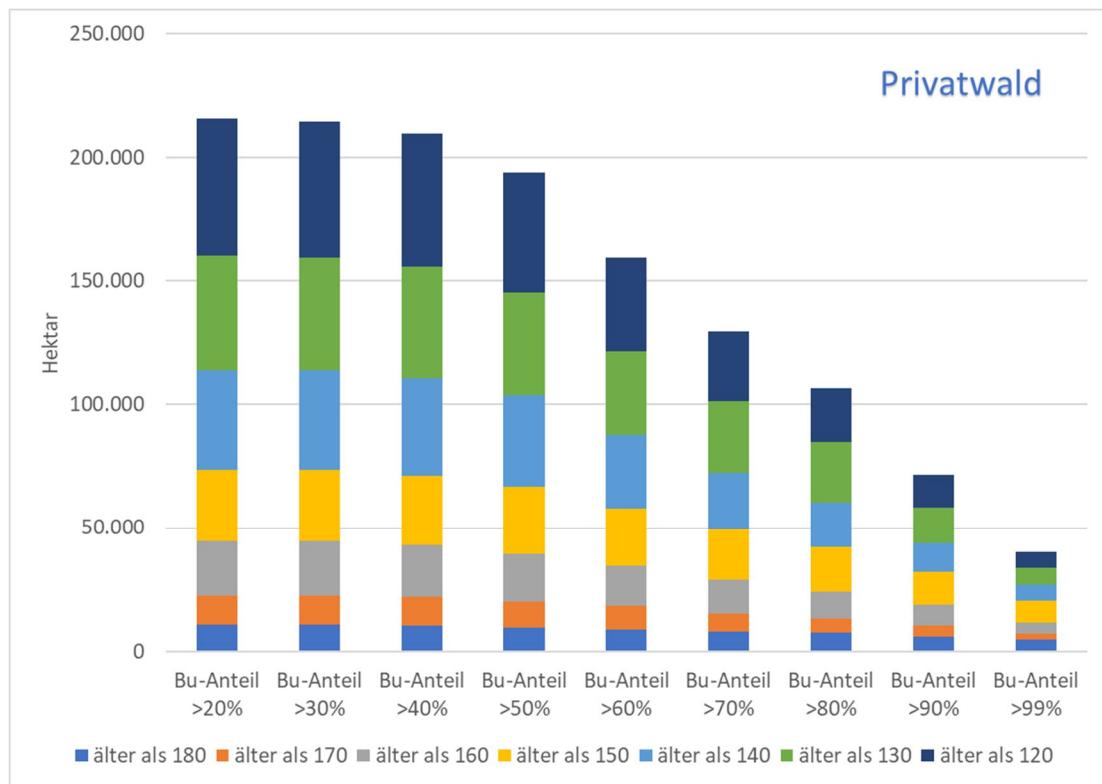


2.4 Alte Buchenwälder im Privatbesitz

Wie für den öffentlichen Wald (siehe Kapitel 2.3) wurde auch für den Privatwald untersucht, wie sich das Ausmaß der in Frage kommenden Fläche je nach Altersgrenze (Kriterium 2) und Grundflächenanteil (Kriterium 1) der Buche ändert (Abbildung 6). Obwohl 48 % der Gesamtwaldfläche Deutschlands im Privatwald liegt, befinden sich in diesen nur etwa 35 % der alten Buchenwälder. Selbst in absoluten Zahlen sind im öffentlichen Wald flächenmäßig 45 % mehr alte Buchenwälder als im Privatwald zu finden.

Gemäß Kriterien 1 - 3 (siehe Kapitel 2.1) finden sich 67.400 ha alte Buchenwälder im Privatbesitz; bei einem überschlägigen Abzug von 18 % Fläche für Bestände unter 1 ha Größe (= Kriterium 4) sind es dann ca. 55.300 ha.

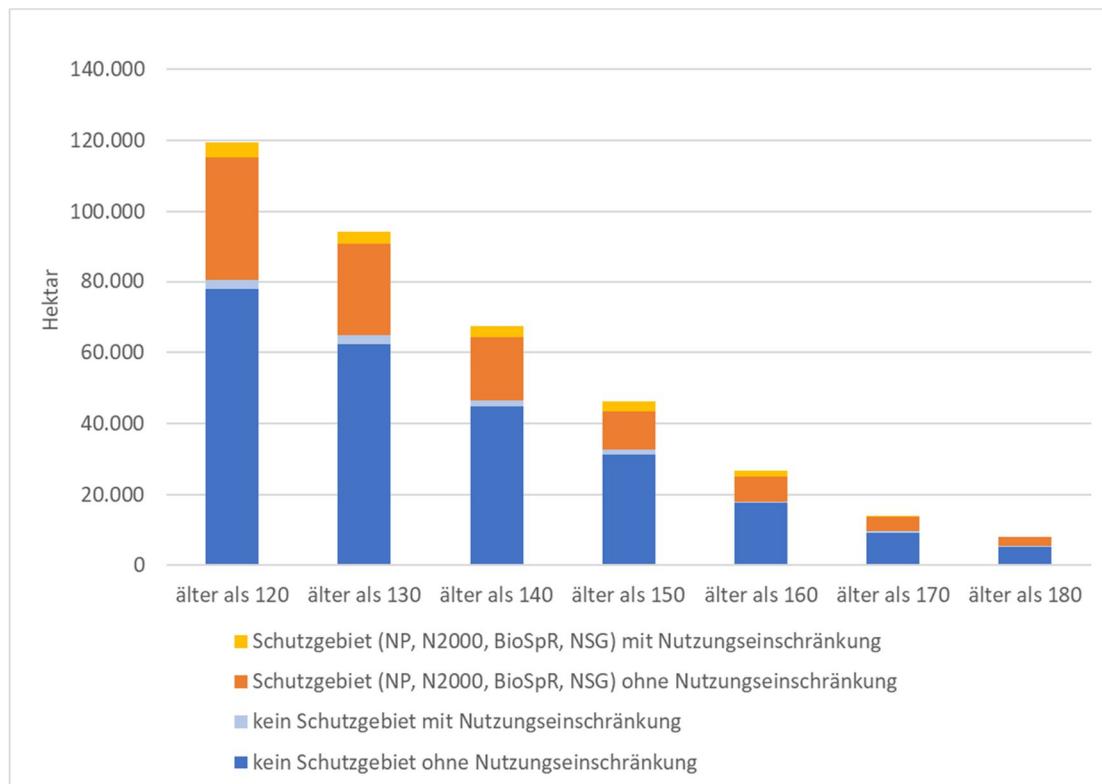
Abbildung 6: Fläche von Wäldern mit Buche nach Grundflächenanteil und Alter im Privatbesitz (Quelle BWI°2012)



Im Privatwald befinden sich im Durchschnitt 31 % der alten Buchenwälder in einem Schutzgebiet mit erhöhten Schutzanforderungen (Nationalpark, Natura-2000 Gebiet, Biosphärenreservat, Naturschutzgebiet). Dieser Anteil liegt deutlich unter dem von öffentlichen Wäldern (vgl. Kapitel 2.3).

Innerbetriebliche wie auch außerbetriebliche Nutzungseinschränkungen liegen im Ausmaß von etwa 7 % vor (Abbildung 7), die sich auf 3 % außerhalb und 4 % innerhalb von Schutzgebieten aufteilen. Betrachtet man die verbleibende Fläche ohne Nutzungseinschränkungen, wiederum inner- wie auch außerhalb von Schutzgebieten, so finden sich nach den Kriterien 1 - 3 im Privatwald ca. 62.500 ha alte Buchenwälder; nach überschlägigem Abzug von 18 % für Kleinstflächen unter 1 ha (Kriterium 4) verbleiben etwa 51.250 ha.

Abbildung 7: Fläche der buchendominierten Wälder mit einer Grundfläche von mindestens 75 % Buche im Privatwald ab Alter >120 Jahre in der Hauptbestockung, differenziert nach Nutzungseinschränkung und Schutzgebietscharakter (Nationalpark (NP) + Natura2000-Gebiet (N2000) + Naturschutzgebiet (NSG) + Biosphärenreservat (BioSpR), (Quelle BWI2012)



3 Vorrat, Zuwachs, Nutzung und Rohholzpotenzial

Die CI 2017 als aktuellste bundesweite Inventur (Unterstichprobe der BWI) liefert für alte Buchenbestände (als „ideelle Reinbestände“) die in Tabelle 2 aufgeführten Werte. Hier unterscheiden sich die Flächenwerte von den reellen Flächenangaben aus Kapitel 2, da die Ertragsmaßzahlen dieses Kapitels mit Hilfe von ideellen Reinbeständen berechnet worden sind (wie bereits oben beschrieben wurde, werden ideelle Reinbestände rechnerisch aus den jeweiligen Flächenanteilen der Baumarten in den reellen Beständen ermittelt; Riedel et al, 2017 S.48). Da bislang keine Auswertungen für „öffentliche Wälder“ als Bezugsgröße existiert, handelt es sich bei den in der Tabelle gezeigten Werten je Hektar um arithmetische Mittelwerte der entsprechenden Klassen Kommunalwald, Landeswald und Bundeswald bzw. Privatwald; sie dürfen nur als Näherung für ein echtes, flächengewogenes Mittel verstanden werden. Das Rohholzpotenzial bei der Buche stammt zu über 40 % aus den Beständen älter als 120 Jahre.

Tabelle 2: Vorrat, Zuwachs, Nutzung (CI 2017) und Rohholzpotenzial (WEHAM 2012, Durchschnitt bis 2052) „alter Buchenwälder“ nach Altersklassen gegliedert im öffentlichen Wald (Bundes-, Landes- und Kommunalwald)

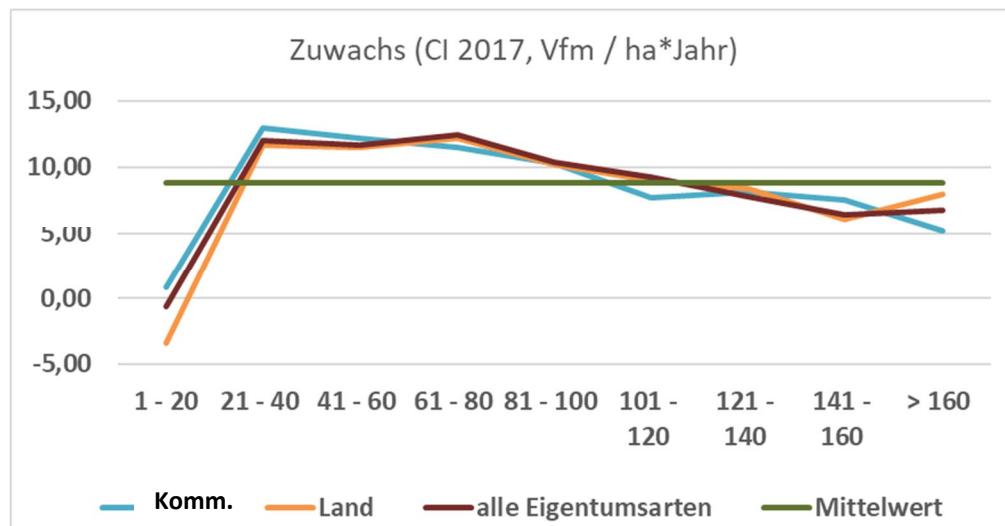
	Einheit	>120 Jahre	>140 Jahre	>160 Jahre
Vorrat				
Gesamt	[Mio. m ³]	159,37	94,37	51,45
Pro Hektar	[m ³ ha ⁻¹]	429	425	444
Zuwachs (VFm)				
Gesamt	[Mio. m ³ a ⁻¹]	2,61	1,36	0,76
Pro Hektar	[m ³ ha ⁻¹ a ⁻¹]	7,2	6,7	6,6
Nutzung (EFm)				
Gesamt	[Mio. m ³ a ⁻¹]	2,51	1,33	0,67
Pro Hektar	[m ³ ha ⁻¹ a ⁻¹]	7,0	5,5	4,2
Rohholzpotenzial (EFm)				
Gesamt	[Mio. m ³ a ⁻¹]	3,41	2,41	1,36
Pro Hektar	[m ³ ha ⁻¹ a ⁻¹]	8,7	9,1	9,6

Tabelle 3: Vorrat, Zuwachs, Nutzung (CI 2017) und Rohholzpotenzial (WEHAM 2012, Durchschnitt bis 2052) „alter Buchenwälder“ nach Altersklassen gegliedert im Privatwald

	Einheit	>120 Jahre	>140 Jahre	>160 Jahre
Vorrat				
Gesamt	[Mio. m ³]	112,72	66,32	29,97
Pro Hektar	[m ³ ha ⁻¹]	510	511	514
Zuwachs (VFm)				
Gesamt	[Mio. m ³ a ⁻¹]	1,29	0,69	0,31
Pro Hektar	[m ³ ha ⁻¹ a ⁻¹]	6,3	6,0	6,0
Nutzung (EFm)				
Gesamt	[Mio. m ³ a ⁻¹]	1,81	1,06	0,54
Pro Hektar	[m ³ ha ⁻¹ a ⁻¹]	7,9	9,4	10,6
Rohholzpotenzial (EFm)				
Gesamt	[Mio. m ³ a ⁻¹]	2,95	2,06	1,00
Pro Hektar	[m ³ ha ⁻¹ a ⁻¹]	13,7	15,8	16,7

Der Zuwachs verläuft in allen Besitzarten erwartungsgemäß ähnlich und liegt bei Buchenbeständen ab einem Alter von 100 – 120 Jahren unter dem Gesamtdurchschnitt aller Buchenwälder (Abbildung 8). Alte Buchenbestände nehmen damit jährlich weniger Kohlendioxid aus der Atmosphäre auf als junge und mittelalte Bestände. Aufgrund der sehr geringen Stichprobengröße und der enormen Streuung wurde auf die Darstellung des Bundeswaldes verzichtet.

Abbildung 8: Bruttozuwachs in (Vorratsfestmetern (Vfm) je Hektar und Jahr nach Altersklassen für Kommunalwald (Komm.), Landeswald (Land) und alle Eigentumsarten. Bundeswald wurde wegen zu geringer Stichprobenanzahl nicht berücksichtigt.



4 Kohlenstoffvorrat und seine Änderung, Kohlenstoffbindungspotenzial

Die Auswertungen zum Kohlenstoff basieren auf der Kohlenstoffinventur 2017 (CI 2017) und erfolgen nur auf Bundesebene, da die CI 2017 für kleinere Auswertungseinheiten nicht gedacht ist. Etwa 60 % der Kohlenstoffvorräte in Buchen sind in Bäumen älter als 100 Jahre gebunden (Tabelle 4, lebende Biomasse), gut 40% in Bäumen älter als 120 Jahre, 23 % älter als 140 und 11 % in Bäumen älter als 160 Jahre. Mehr als die Hälfte dieser Kohlenstoffmenge ist in öffentlichen Wäldern (Kommunal-, Landes- oder Bundeswald) gespeichert, etwas weniger im Privatwald. Bei den Auswertungen werden die Durchschnittswerte für den öffentlichen Wald verwendet, wobei im Staatswald – Bund in den Altersklassen 141 – 160 Jahre und >160 Jahre nur insgesamt 4 Stichprobepunkte aufgenommen wurden, die Vorrats- und Zuwachswerte weit außerhalb der Werte der anderen Besitzarten und auch jenseits der Werte aller anderen Altersklassen in allen Besitzarten liegen und deshalb als statistische Ausreißer aus der Analyse genommen wurden. Für die nachfolgenden Berechnungen wurden daher nur die Durchschnittswerte des Landes- und Kommunalwaldes verwendet.

Tabelle 4: Gebundener Kohlenstoff-Vorrat (CI 2017) in Buchenwäldern (ideell, lebende Biomasse), nach Eigentumsart und Altersklasse

	Einheit	Bestandesalter		
		> 120	> 140	> 160
Kommunalwald	[Mio. t CO ₂]	76,03	46,19	26,38
Landeswald	[Mio. t CO ₂]	116,07	66,22	33,78
Bundeswald	[Mio. t CO ₂]	5,13	2,28	1,32
Öffentlicher Wald	[Mio. t CO₂]	197,23	114,69	61,48
Privatwald (Vergleich)	[Mio. t CO ₂]	145,74	83,75	37,92

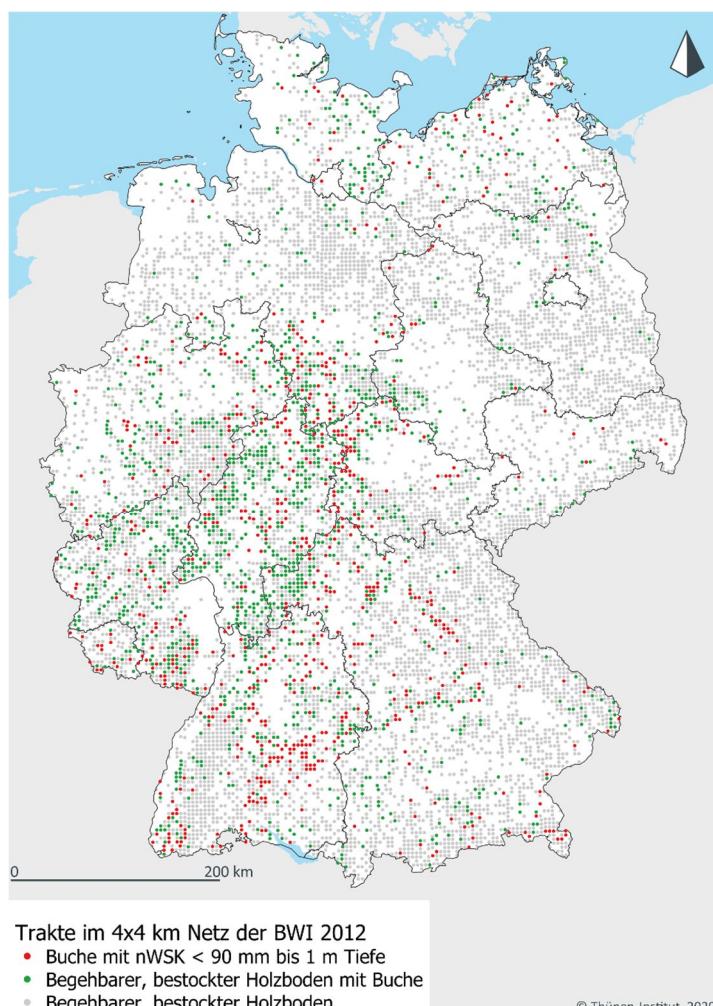
Die vorliegenden Projektionen des langfristigen Kohlenstoffbindungspotenzials berücksichtigen zunächst weder Einflüsse des Klimawandels noch künftige Kalamitäten. Die Zuwachsprojektionen in WEHAM gehen zudem davon aus, dass die Bestände bewirtschaftet werden. Es werden somit keine dichtebedingten Zuwachsrückgänge oder altersbedingte Mortalität erfasst, welche nach einem Einschlagstopp mittelfristig zu erwarten wären. Dichtebedingte Mortalität wurde bei den Berechnungen des Basisszenarios zwar für die Bestände mit Nutzungsverzicht implementiert. Diese sind in der Stichprobe jedoch zahlenmäßig so gering vertreten, dass sich aus diesen Betrachtungen keine für ganz Deutschland gültigen Aussagen herleiten lassen.

Bei einem Nutzungsverzicht in den alten Buchenwäldern ist der maximal erreichbare Vorrat je Hektar zu beachten. Untersuchungen hierzu liegen i.d.R. nur bezogen auf kleine räumliche Einheiten vor (z.B. Nationalparke) und suggerieren enorme Speicheraufbaupotenziale. Eine Analyse des BWI-Datensatzes zeigte jedoch, dass die real existierenden Maximalvorräte bei gegebenen Zuwachshöhen recht schnell erreicht sein könnten, wenn großflächig „durchschnittliche“ Wälder aus der Nutzung genommen würden (für eine nähere Beleuchtung der Ursachen s. Rock und Kroher 2021). Je nach Verfahren liegen die maximalen Vorräte je Hektar bei 575 bzw. 736 Vorratsfestmetern, was von „durchschnittlichen“ aus der Nutzung genommenen Buchenwäldern bei gleichbleibendem Zuwachs in 11 bzw. 26 Jahren erreicht würde. Beschränkt auf öffentliche Wälder älter als 120 Jahre ergeben sich bei analoger Betrachtung längere Zeithorizonte von ca. 50 – 60 Jahren bis zum Erreichen der Maximalvorräte, was jedoch auch an den geringen Zuwächsen im Alter liegt (mit erheblichen Unsicherheiten: ca. 9 t CO₂/ha a⁻¹ Netto-Neueinspeicherung). Bei Stilllegungsflächen ergeben sich jährliche Minderungspotenziale im öffentlichen Wald von ca. **3,8 Mt CO₂ a⁻¹ bei einem Mindestalter von 120 Jahren, 1,9 Mt CO₂ a⁻¹ bei einem Mindestalter von 140 bzw. 1,0 Mt CO₂ a⁻¹ bei einem Mindestalter von 160, allerdings ohne die Berücksichtigung von Kalamitätsrisiken** (welche in sämtlichen Beständen gegeben sind, aber insbesondere in Buchen-Risikobeständen überdurchschnittlich hoch sind; s. folgendes Kapitel 5). Berücksichtigt man die geschätzten Zeiten bis zum Erreichen der Maximalvorräte und vernachlässigt man die Unsicherheiten und Risiken bei langfristigen Betrachtungen, ergeben sich Gesamt-Vorratspotenziale je nach Mindestalter von ca. 210 Mt CO₂, 125 Mt CO₂ bzw. 68 Mt CO₂.

5 Risiko alter Buchenwälder im Klimawandel

Buchenwälder sind wie auch andere Wälder durch den Klimawandel und begleitende Witterungs- und Wetterextreme sowie Schaderreger bedroht. Neben den besonders betroffenen Fichten zeigen auch Buchen in vielen Gebieten, insbesondere auf trockenheitsexponierten Standorten, partielle und auch komplett Absterbeerscheinungen (Schuldt et al. 2020, Obladen et al. 2021). Basierend auf diesen Beobachtungen erfolgte eine Lage- und Flächenabschätzung zu zukünftigen Risikostandorten der Buche durch die Thünen-Institute für Waldökosysteme auf Basis der BWI 2012-Daten zu zusätzlichen Angaben zur Trockenheitsexposition an den BWI-Standorten (Bolte et al. 2021, Abbildung 9). Hieraus ergaben sich über alle Alter und Besitzarten eine Fläche von ca. 623.000 ha (34 % der Waldfläche mit dominierender Buche) und ein Vorrat von ca. 220 Mio. VFm (34 %) mit erhöhter Risiko-Exposition gegenüber Trockenheit-Extremen wie in den Jahren 2018-2020. Bezogen auf die Flächen von Buchenwäldern gemäß Kriterien 1 – 3 (siehe Kapitel 2.1) im öffentlichen Waldbesitz ergäben sich eine **Risikofläche von 69.900 ha (>120 Jahre), 44.400 ha (>140 Jahre) und 22.400 ha (>160 Jahre)** gegenüber erhöhter Trockenheitsmortalität. Diese Standorte sind kritisch in ihrer Eignung als zusätzliche Flächen ohne Bewirtschaftung für den Klimaschutz anzusehen, weil das erhöhte Absterberisiko den Erhalt des Kohlenstoffvorrats (im lebenden Bestand) und umso mehr die zusätzliche Erhöhung dieses Vorrates gefährdet; damit ist auch der Beitrag dieser Flächen zum Klimaschutz nicht mehr gesichert. Für naturschutzfachliche Ziele des Prozessschutzes und der Beobachtung der Walddynamik hingegen sind diese Flächen von Interesse.

Abbildung 9: Risikostandorte mit dominierender Buche (BWI 4 km x 4 km-Grundnetz), Kriterium: Trockene und sehr trockene Standorte (nutzbare Wasserspeicherkapazität (nWSK) < 90 mm m⁻¹ Bodentiefe (Bolte et al. 2021))



6 Ökonomische Bewertung des Holzvorrats, des Rohholzpotenzials sowie des Deckungsbeitrages alter Buchenwälder aus forstbetrieblicher Sicht

Auf Basis einer Sonderauswertung der BWI 2012 wurde für unterschiedliche Umsetzungsvarianten eines Einschlagstopps in alten Buchenwäldern der Abtriebswert des stehenden Holzvorrats sowie der langfristige Deckungsbeitragsverlust des Einschlagsverzichts für ideelle Bestände bewertet. Die wesentlichen Ergebnisse werden in diesem Kapitel dargestellt; eine ausführlichere Darstellung findet sich im Anhang zu diesem Arbeitsbericht (s.u.). Die langfristigen Deckungsbeitragsverluste wurden für 200 Jahren mit dem Forest Economic Simulation Modell (FESIM) des Thünen-Instituts für Waldwirtschaft simuliert. Neben den BWI 2012-Sonderauswertungen wurde als Datenquelle das Testbetriebsnetz Forstwirtschaft (TBN Forst) verwendet. Hier wurden die eigentumsartenspezifischen Verkaufserlöse der Holzartengruppe Buche und die Holzerntekosten im Mehrjahresmittel 2015-2017 verwendet. Die zentralen Ergebnisse sind in Tabelle 5 dargestellt.

1) Abschreibung des stehenden Holzvorrats

Bei einem dauerhaften Einschlagsverzicht im öffentlichen Wald wäre zum einen der Wert des stehenden Holzvorrats abzuschreiben, da diese Flächen für die Rohholzproduktion als Wirtschaftsgut nicht mehr zur Verfügung stehen. Bewertet mit den erntekostenfreien Erlösen beläuft sich der Abtriebswert des Holzvorrats im gesamten öffentlichen Wald auf 3.287 Mio. € für Buche > 120 Jahre, 2.052 Mio. € für Buche > 140 Jahre und 974 Mio. € für Buche > 160 Jahre. Der Abtriebswert des Bundeswaldes beläuft sich auf 72 Mio. € für Buche > 120 Jahre, 45 Mio. € für Buche > 140 Jahre und 35 Mio. € für Buche > 160 Jahre. Da sich in der Realität in den Buchenbeständen mit Einschlagstoppen auch andere Baumarten finden werden, können sich diese ausgewiesenen Abtriebswerte in Abhängigkeit von der Ertragsstärke (z. B. Douglasie) oder Ertragsschwäche (z. B. Weichlaubhölzer) dieser Baumarten deutlich ändern.

2) Langfristiger Deckungsbeitragsverlust des Einschlagsverzichts

Die Stilllegung von alten Buchenwäldern bedeutet zum anderen einen Verzicht auf das biologische Produktionspotential und auf die langfristigen Erlöse aus der Holznutzung. Zudem können sich durch den Wegfall der alten, hiebsreifen Bestände temporär Liquiditätsprobleme für Forstbetriebe ergeben. Um die langfristigen Deckungsbeitragsverluste zu bewerten, wurde ein Referenzszenario ohne Stilllegung (BAU = business as usual) mit dem FESIM für 200 Jahre (2012-2211) simuliert. In diesem Szenario wurde eine durchschnittliche Umlaufzeit der Buche von 160 Jahren (Median) wie im WEHAM-Basiszenario 2012 unterstellt (BMEL 2016). Als ökonomisch optimistische Annahme wurde ausschließlich Naturverjüngung (ohne (hohe) Investitionskosten für künstliche Verjüngung) unterstellt. Ebenso wurde kein Baumartenwechsel (z. B. aufgrund des Klimawandels) auf der aktuellen Buchenfläche angenommen. Die Überlebenswahrscheinlichkeiten der Buche im Klimawandel wurden auf Basis von Brandl et al. (2020) für das RCP 8.5 Szenario unterstellt. Weiterhin wurde angenommen, dass 80 % des Kalamitätsholzes verwertet werden und 20 % des Kalamitätsholzes ungenutzt im Wald verbleiben. Für den kalamitätsbedingten Mehraufwand in der Holzernte wurde ein Aufschlag von 15 % auf die Holzerntekosten sowie weiterhin ein Abschlag von 20 % auf den Erlös für Kalamitätsholz angenommen.

Für die Umsetzungsvarianten wurde unterstellt, dass auf den Restflächen an einer Umlaufzeit von 160 Jahren (Median) festgehalten wird. Bei einem dauerhaften Einschlagsverzicht in allen Buchenbeständen mit einem aktuellen Bestandesalter über 120 Jahre würde dann beispielsweise auf den Restflächen temporär keine Endnutzung mehr erfolgen, bis in 40 Jahren wieder Bestände mit Bestandesalter 160 Jahre nachgewachsen sind. Der Deckungsbeitragsverlust wurde als Differenz zwischen dem BAU-Szenario und den Umsetzungsszenarien berechnet.

Als langfristiger Deckungsbeitragsverlust des Einschlagsverzichts berechnen sich über den 200jährigen Simulationszeitraum für den öffentlichen Wald (jährlich) 68 Mio. €/a für Buche > 120 Jahre, 44 Mio. €/a für Buche > 140 Jahre und 21 Mio. €/a für Buche > 160 Jahre. Dieser Deckungsbeitragsverlust beläuft sich im Bundeswald auf 1,3 Mio. €/a für Buche > 120 Jahre, 0,8 Mio. €/a für Buche > 140 Jahre und 0,5 Mio. €/a für Buche > 160 Jahre. Werden aufgrund des Klimawandels hingegen zusätzlich hohe jährliche Kosten für künstliche Walderneuerung der Buche

unterstellt, könnten die waldbaulichen Deckungsbeiträge bei der ertragsschwachen Baumart Buche auch negativ sein.

Tabelle 5: Abtriebswerte des stehenden Holzvorrates und jährlicher Deckungsbeitragsverlust des Einschlagverzichts

	Abtriebswert des stehenden Holzvorrates [BWI 2012 zum Stichtag 01.10.2012]	Jährlicher Deckungsbeitragsverlust des Einschlagsverzichts (2012-2211) [FESIM-Modell auf Basis BWI 2012 zum Stichtag 01.10.2012]
	[Mio. €]	[Mio. €*a]
Öffentlicher Wald		
> 120 Jahre	3.287	68
> 140 Jahre	2.052	44
> 160 Jahre	974	21
Bundeswald		
> 120 Jahre	72	1,3
> 140 Jahre	45	0,8
> 160 Jahre	35	0,5
Landeswald		
> 120 Jahre	1.757	37
> 140 Jahre	1.143	25
> 160 Jahre	573	12
Körperschaftswald		
> 120 Jahre	1.458	29
> 140 Jahre	864	18
> 160 Jahre	366	8
Privatwald		
> 120 Jahre	2.804	63
> 140 Jahre	1.573	28
> 160 Jahre	611	11

BAU = Business as usual als Referenzszenario= keine Stilllegung; Szenarien: Stilllegung aller Buchenflächen i) >160 Jahre, ii) >140 Jahre und iii) >120 Jahre)

7 Kosten durch entgangene Wertschöpfung in der Forst- und Holzwirtschaft

Die Holzverarbeitung in Deutschland ist in hohem Maße vom inländischen Rohholzangebot abhängig (z.B. Weimar 2020). Daher beeinflussen Produktionseinschränkungen durch die Stilllegung von alten Buchenwäldern im öffentlichen Besitz nicht nur die Forstwirtschaft, sondern wirken sich auch auf die nachgelagerten weiterverarbeitenden Unternehmen der Holzwirtschaft aus. Um nachfolgend den Zusammenhang zwischen einer Änderung des Rohholzangebotes und der Änderung der Wertschöpfung in der Forst- und Holzwirtschaft zu quantifizieren, wird ein ursprünglich von Dieter (2008) entwickelter und in Weingarten et al. (2017) verwendeter Ansatz angewendet. Konkret werden die Effekte eines veränderten Rohholzangebots auf das Cluster Forst und Holz mithilfe der Input-Output-Analyse (Leontief 1936) ermittelt. Dabei wird eine sogenannte physische Input-Output-Tabelle, die den Holzfluss durch Deutschland im Jahr 2010 abbildet, als Basis verwendet (Bösch et al. 2015). Die hierbei ermittelten Effekte in Mengeneinheiten (m^3 Faseräquivalent) werden danach proportional auf die aus der deutschen Clusterstatistik Forst und Holz (siehe bspw. Becher 2015, 2016) bekannten monetären Werte der Bruttowertschöpfung übertragen. Die Kosten aufgrund von Produktionseinschränkungen ergeben sich dann als die Summe der entgangenen Bruttowertschöpfung in den einzelnen Industrien des Clusters Forst und Holz (vgl. auch Bösch et al. 2017). Wichtig zu betonen ist, dass dieses Vorgehen von der Annahme ausgeht, dass durch die Produktionseinschränkungen keine Preiseffekte (und somit eine Nachfrage nach Substitutionsgütern) ausgelöst werden. Dies gilt beispielsweise dann, wenn die Unternehmen des deutschen Cluster Forst und Holz die Angebotsmengen für ihre Produkte auf den Weltmärkten anpassen, also als Mengenanpasser (oder Preisnehmer) auftreten.

Die Auswirkungen der Stilllegung von alten Buchenwäldern im öffentlichen Besitz auf die Wertschöpfung in der Forst- und Holzwirtschaft wird anhand von drei konkreten Maßnahmenszenarien vorgestellt:

- i.) Verzicht auf Nutzung aller Buchen älter als 120 Jahre im öffentlichen Besitz,
- ii.) Verzicht auf Nutzung aller Buchen älter als 140 Jahre im öffentlichen Besitz und
- iii.) Verzicht auf Nutzung aller Buchen älter als 160 Jahre im öffentlichen Besitz.

Die Szenarien werden jeweils mit einem Referenzszenario (WEHAM-2012-Basiszenario; Fortschreibung des Status Quo) verglichen. Das WEHAM-2012-Basiszenario bildet die damals erwartete künftige Bewirtschaftung der Wälder und damit das langfristige nachhaltige Nutzungspotenzial ab. Dieses Potenzial wurde in den Jahren nach 2012 nicht komplett genutzt, besteht jedoch fort und muss deshalb bei der Bewertung berücksichtigt werden. Bei den Szenarien wurde mit Durchschnittswerten für ganz Deutschland gerechnet, da Unterschiede zwischen einzelnen Regionen oder Standorten im verwendeten Ansatz nicht berücksichtigt werden können. Die den Szenarien zugrunde liegenden Entnahmemengen können Tabelle 6 entnommen werden. Der Anteil des energetisch genutzten Holzes ist bei der Baumart Buche in Deutschland höher als über alle Baumarten im Durchschnitt (45 % vs. 14 % gemäß aufkommensseitiger Sortierung nach amtlicher Holzeinschlagstatistik).² Daher wurden die Entnahmemengen von Buchenholz entsprechend dem über alle Baumarten vorherrschenden Verhältnis von Brennholz zu Nutzholz korrigiert, da ansonsten die Wertschöpfungsverluste im Cluster Forst und Holz tendenziell überschätzt würden. In Tabelle 7 werden einmal die kurzfristig zu erwartenden Kosten (WEHAM-Periode 2023-2027) und einmal die längerfristigen Kostenwirkungen (für die WEHAM-Periode 2048-2052) ausgewiesen.

² Es wurde hier nicht auf die Daten der Einschlagsrückrechnung des Thünen-Institutes zurückgegriffen, da diese keine Trennung nach Hauptbaumartengruppen erlaubt und die Baumart Buche im Fokus dieser Untersuchung steht.

Tabelle 6: Entnahmemengen pro Jahr (in Millionen Efm/a), die den einzelnen Szenarien zugrunde liegen

Maßnahmenszenario	WEHAM-Periode	
	2023-2027	2048-2052
Referenzszenario (WEHAM-2012-Basiszenario)	73,05	78,43
i: Verzicht auf Nutzung aller Buchen älter als 120 Jahre im öffentlichen Besitz	71,08	76,17
ii: Verzicht auf Nutzung aller Buchen älter als 140 Jahre im öffentlichen Besitz	71,62	76,83
iii: Verzicht auf Nutzung aller Buchen älter als 160 Jahre im öffentlichen Besitz.	72,32	77,51

Tabelle 7: Zu erwartende Kosten pro Jahr (in Millionen €/a) aufgrund des Einschlagverzichts in alten Buchenwäldern durch entgangene Wertschöpfung im deutschen Cluster Forst und Holz

Maßnahmenszenario	WEHAM-Periode	
	2023-2027	2048-2052
i: Verzicht auf Nutzung aller Buchen älter als 120 Jahre im öffentlichen Besitz	398,2	457,2
ii: Verzicht auf Nutzung aller Buchen älter als 140 Jahre im öffentlichen Besitz	288,1	324,9
iii: Verzicht auf Nutzung aller Buchen älter als 160 Jahre im öffentlichen Besitz.	147,3	187,7

Tabelle 7 zeigt, dass die Reduktion der Holzproduktion zu volkswirtschaftlichen Kosten aufgrund der entgangenen Wertschöpfung in den jeweiligen Industrien des Clusters Forst und Holz führt. Die Kosten betragen je nach Maßnahmenszenario für die WEHAM-Periode 2023-2027 zwischen und 147,3 und 398,2 Millionen €/Jahr, wobei in Szenario i) die höchsten jährlichen Kosten anfallen, weil der Umfang der Nutzungsverzichte in diesem Szenario am größten ist. Auf längere Sicht gesehen, d.h. in der WEHAM-Periode 2048-2052, betragen die Kosten je nach Szenario zwischen 187,7 und 457,2 Millionen €/Jahr.

8 Kosten/Nutzen aus gesellschaftlicher Sicht

Die bisher dargestellten Kostenschätzungen gehen auf Einbußen zurück, die den Produzenten von Rohholz und daraus hergestellten Produkten durch einen Einschlagstopp in Buchenwäldern voraussichtlich entstehen. Ein solcher Einschlagstopp wirkt sich aber nicht nur auf die Holzproduktion aus, sondern auch auf die Bereitstellung anderer Ökosystemleistungen der Wälder und den (Konsum-) Nutzen, welche diese Ökosystemleistungen breiten Teilen der Gesellschaft ermöglichen.

Eine Abschätzung sämtlicher Auswirkungen auf Ökosystemleistungen und deren Nutzen bzw. Kosten ist pauschal nicht möglich – dazu sind die Buchenwälder selbst und die jeweiligen regionalen Voraussetzungen zu vielfältig. Zudem gibt es (unseres Wissens) auch keine Untersuchungen darüber, welche gezielt die Bevölkerungspräferenzen in Bezug auf ein Buchen-Einschlagsstopp empirisch ermittelt hätten. Es kann aber anhand ähnlicher Untersuchungen grob abgeschätzt werden, in welcher Größenordnung sich diese Präferenzen in etwa bewegen könnten.

Zum einen lassen einige allgemeine Befragungen darauf rückschließen, ob ein Buchensstopp überhaupt auf Zustimmung oder Ablehnung in der Bevölkerung stoßen könnte. Verzichte auf Bewirtschaftung, insbesondere auf Holzernte, scheinen in der deutschen Bevölkerung generell überwiegend zustimmungsfähig zu sein (wenn sie nicht mit anderweitigen Verzichten verknüpft sind); so hielten in einer Befragung des BMEL etwa die Hälfte der Befragten (49 %) zusätzliche Wildnisgebiete im Wald für notwendig, etwas weniger (43 %) für nicht notwendig (übrige 8 %: keine Angabe) – selbst dann, wenn solche Gebiete u.U. nicht mehr allgemein zugänglich wären (Lorenz und Elsasser 2018).³ In einer Umfrage im Auftrag von Greenpeace in Baden-Württemberg befürwortete eine Mehrheit der Befragten, dass die Regierung des Landes bei der Bewirtschaftung der öffentlichen Wälder besonderen Wert auf den Schutz des Klimas durch naturnahelassene Wälder sowie den ökologischen Schutz heimischer Tiere und Pflanzen in alten Buchenwäldern legen solle (73 bzw. 71 % Zustimmung) (Forsa GmbH 2012).

Umweltökonomische Untersuchungen zeichnen ein differenzierteres Bild. Hier liegen, zum einen, Untersuchungen über die Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung für die dauerhafte Stilllegung von Waldflächen (bzw. für die „natürliche Entwicklung“ dieser Flächen) vor sowie, zum anderen, über diejenige für einen temporären Ernteaufschub in erntereifen Altbeständen – wenn auch nicht speziell auf den Buchenwald bezogen, sondern auf alle Wälder in Deutschland.⁴ Für Stilllegungsflächen zeigen die Untersuchungen übereinstimmend, dass es erstens eine substanzelle Zahlungsbereitschaft für zusätzliche Stilllegungen (zusätzlich zu den bereits stillgelegten Flächen) gibt, und dass zweitens der Grenznutzen weiterer Stilllegungsflächen sinkt und schließlich auch negativ werden kann. Dies bedeutet: Werden weitere Flächen stillgelegt, so ist dies zunächst nützlich für die Bevölkerung; je mehr Flächen aber stillgelegt werden, desto geringer wird dieser Nutzen, und jenseits einer bestimmten Grenze schaden weitere Stilllegungen. Konkret zeigte sich in der CCLandStraD-Studie, dass eine *Reduktion* des Anteils ungenutzter Waldflächen auf 0 % der Gesamtwaldfläche für den durchschnittlichen Haushalt in Deutschland zu einem jährlichen Schaden i.H.v. $-59,11 \text{ €/Jahr/Haushalt}$ führen würde; eine *Erhöhung* auf 10 % der Gesamtwaldfläche ergäbe gegenüber der derzeitigen Situation einen geringen (nicht signifikanten) Schaden i.H.v. $-4,75 \text{ €/Jahr/Haushalt}$. Der „optimale“ Umfang an Flächenstilllegungen liegt also zwischen diesen Grenzen (Weller und Elsasser 2018; Elsasser et al. 2021) (vgl. auch Bösch et al. 2017; Bösch et al. 2019). Eine nähere Analyse im Rahmen der ReWaLe-Studie zeigte, dass der Nutzen derartiger Stilllegungsgebiete u.a. von deren jeweiliger

³ Die entsprechende Frage lautete: „Werden in Deutschland mehr Wildnisgebiete im Wald gebraucht, also Gebiete, die sich selbst überlassen bleiben und die nicht genutzt oder betreten werden dürfen?“

⁴ Aus diesen Untersuchungen gehen separate Schätzungen der Zahlungsbereitschaft für die Attribute „Stilllegung“ und „Ernteaufschub“ hervor. Darüber hinaus gibt es weitere Untersuchungen, in denen umfassendere Programme monetär bewertet wurden, welche das Attribut „Stilllegungsflächen“ (nutzungsfreie Gebiete) als Element enthalten (Küpker et al. 2005; Liebe et al. 2006; Meyerhoff et al. 2012). In diesen Untersuchungen ergaben sich ebenfalls positive Zahlungsbereitschaften für die Programme insgesamt – es ist aber unklar, welche Anteile dieser Zahlungsbereitschaften auf die einzelnen Programmelemente entfallen.

Größe, ihrer Lage im Raum sowie auch der Frage abhängig ist, ob diese Gebiete weiterhin betreten werden dürfen (Elsasser et al. 2020, S. 66ff.). Für die Stilllegung zusätzlicher 2,5 % der Gesamtwaldfläche ergab sich ein Gesamtnutzen i.H.v. 1,58 Mrd. €/Jahr (bei weiterhin gegebenen Betretensrecht; Elsasser et al. 2020, S. 92ff.).⁵ Auch in Bezug auf eine Erhöhung des Erntealters ergaben sich strukturell sehr ähnliche Resultate. Wird das Erntealter um 20 Jahre nach hinten verschoben, so bewirkt dies einen durchschnittlichen individuellen Nutzen i.H.v. +37,75 €/Jahr/Haushalt, während der Nutzen einer Erhöhung um 30 Jahre geringer ist (und nicht mehr signifikant; +4,01 €/Jahr/Haushalt). Wiederum deutet dies darauf hin, dass bei zunehmender Dauer des Ernteaufschubs mit sinkendem (und möglicherweise negativem) Grenznutzen zu rechnen ist (Weller und Elsasser 2018; Elsasser et al. 2021).

Im vorliegenden Zusammenhang stehen nun die ökonomischen Auswirkungen des im Koalitionsvertrag genannten Ziels in Frage, „den Einschlag in alten, naturnahen Buchenwäldern im öffentlichen Besitz“ zu stoppen (SPD/Grüne/FDP 2021, S. 39). Um die vorhandenen Bewertungsergebnisse für eine Antwort nutzen zu können, müsste zum einen die bereits heute nutzungsfreie Fläche bekannt sein (auf die ein Einschlagstopp keine Wirkung hätte, weil er bereits heute erfolgt), und zum anderen wäre zu eruieren, wie viel Fläche *außerhalb* der bereits geschützten Fläche mit Buchenwäldern bestockt ist, wie alt diese Wälder sind, wem sie gehören – und wie viele Buchen dort stehen müssen, damit der entsprechende Wald auch aus Sicht der Bevölkerung als „Buchenwald“ gilt. All dies ist nur näherungsweise möglich – bereits die heute nutzungsfreie Fläche ist umstritten (Engel et al. 2016), und auch eine Sub-Stratifizierung der Bundeswaldinventur gleichzeitig nach Baumart/Baumartenanteil, Alter, Eigentumsform und Schutzstatus ist nicht mit akzeptablem Stichprobenfehler möglich. Definiert man – unter diesem Vorbehalt – pragmatisch als „alte Buchenwälder“ alle diejenigen Wälder mit Buche, deren Grundfläche zu mindestens 50 % aus Buchen besteht und die mindestens 120 Jahre alt sind, so gibt es davon laut BWI etwa 330.000 ha im öffentlichen Besitz außerhalb von Schutzgebieten (dies entspricht 3 % der Gesamtwaldfläche); zieht man die Grenze bei 140 Jahren, so sinkt dieser Flächenanteil auf 1,9 %, und bei 160 Jahren auf 0,8 %. Betrachtet man alternativ statt dieser „Wälder mit Buche“ „Wälder aus Buche“, in denen Buchen mindestens 90 % der Grundfläche ausmachen, so lauten die entsprechenden Prozentzahlen 1 % (älter als 120 Jahre), 0,6 % (>140 Jahre) und 0,3 % (>160 Jahre). Diese Zahlen sind in Tabelle 8 zusammengefasst.⁶

Tabelle 8: Grobabschätzung von Flächen und Flächenanteilen „alter Buchenwälder“ im öffentlichen Besitz außerhalb bereits stillgelegter Flächen, nach unterschiedlichen Definitionen

	Wälder mit Buche (Grundfläche >50% in der Hauptbestockung)			Wälder aus Buche (Grundfläche >90% in der Hauptbestockung)		
	>120	>140	>160	>120	>140	>160
Alter	>120	>140	>160	>120	>140	>160
Fläche	330.600	203.100	88.100	104.300	70.700	33.200
% der Gesamtwaldfläche	3,0	1,9	0,8	1,0	0,6	0,3

Datengrundlage: BWI 2012; hier alle Traktecken mit Bestockungstyp = Buche (vorherrschende Baumart) im öffentlichen Wald (ohne Flächen mit Nutzungseinschränkungen in National-parken, Natura2000-Gebieten, Naturschutzgebieten und Biosphärenreservaten)

Verknüpft man diese Flächenschätzungen mit den oben zitierten Bewertungsergebnissen, so zeigt sich:

- Unabhängig von der jeweiligen konkreten Definition „alter Buchenwälder“ im öffentlichen Besitz beträgt deren noch nicht in derzeitigen Schutzgebieten enthaltener Flächenanteil laut Tabelle 8 maximal 3 %. Addiert man dies zu der bereits aus der Nutzung genommenen Waldfläche (d.s. zwischen ca. 2 % und

⁵ Dies basiert auf einer Simulation, in der 322 Schutzgebiete von je 1.000 ha (ca. 2,5 % der heutigen Waldfläche) systematisch über die Bundesrepublik verteilt wurden.

⁶ Zur Erinnerung: Im Unterschied zu Tabelle 1 ist in Tabelle 9 nicht ein Mindestanteil von 75% Buche an der Grundfläche zugrunde gelegt, sondern von 50% bzw. 90%. Damit sollen sowohl möglicherweise unterschiedliche Auffassungen von „Buchenwald“ in der Bevölkerung abgedeckt als auch Konsistenz mit den jeweiligen Definitionen in den hier zitierten Quellen hergestellt werden.

ca. 5 %, je nach Quelle), so würde allein durch das Bucheneinschlagstopp in keinem Fall ein zehnprozentiger Flächenanteil erreicht (bei dem die Größe der Stilllegungsfläche aus Sicht der Bevölkerung nach den CCLandStrAD-Ergebnissen bereits wieder schädlich wäre). Dies bedeutet: *Sofern außer den alten Buchenwäldern keine weiteren Wälder aus der Nutzung genommen werden, wird die Stilllegung seitens der Bevölkerung mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit positiv bewertet.*

- Würden (ausschließlich) alle bislang nicht stillgelegten öffentlichen Wälder „mit“ Buche ab dem Alter 130 zusätzlich aus der Nutzung genommen, so ergäbe sich eine zusätzliche Fläche von 265.300 ha, oder 2,44 % der Gesamtwaldfläche. Für diesen Fall können die o.g. Bewertungsergebnisse aus der ReWaLe-Simulation nahezu direkt übertragen werden: Der Nutzen dieser Variante betrüge in etwa 1,5 Mrd. €/a. Er läge damit deutlich über der entgangenen Wertschöpfung aus dem Nutzungsverzicht des Buchenholzes (vgl. Tabelle 7).⁷ Dieses Ergebnis hat vermutlich auch dann Bestand, wenn man die vielfältigen Unsicherheiten dieser Abschätzung mit bedenkt.
- Wird die Altersgrenze (und/oder der Mindestanteil der Buchen an der Grundfläche in Mischwäldern) deutlich höher gesetzt, dürfte der Nutzen des Einschlagstopps niedriger liegen, weil dadurch die Fläche geringer wäre, die aus der Nutzung genommen wird. Wird die Altersgrenze dagegen deutlich niedriger gesetzt, so wird die entsprechende Fläche ausgeweitet; wegen des sinkenden (und irgendwann negativen) Grenznutzens zusätzlicher Stilllegungsflächen wäre ebenfalls mit geringerem Nutzen zu rechnen.
- Diese Überlegungen gelten nur, wenn sich die zusätzliche Stilllegungsfläche auf die „alten Buchenwälder“ beschränkt. Wenn dagegen auch andere Flächen aus der Nutzung genommen werden sollen, dann kommt es darauf an, wie viel zusätzliche Fläche insgesamt betroffen ist: sind es insgesamt etwa 2-3 %, dann ist das Ergebnis voraussichtlich im (deutlich) positiven Bereich, auch bei Berücksichtigung der entgangenen Wertschöpfung. Sind es deutlich mehr, dann droht bereits der Nutzen für die Bevölkerung negativ zu werden, und das Gesamtergebnis umso mehr, als hier die entgangene Wertschöpfung mit hinzukommt. Sind es deutlich weniger, dann sinkt der Nutzen für die Bevölkerung ebenfalls; allerdings werden dann auch die Kosten aufgrund entgangener Wertschöpfung kleiner.

⁷ Beim Vergleich mit Tabelle 7 ist im Kopf zu behalten, dass sämtliche Wälder „mit“ Buche (d.h. mit mindestens 50% Buche) auch noch andere Bäume enthalten, welche durch einen Nutzungsverzicht ggf. ebenfalls betroffen wären. Die gesamte entgangene Wertschöpfung wird also unterschätzt, wenn diese Bäume nicht einberechnet werden. Andererseits enthält Tabelle 7 auch Buchenholz aus Wäldern mit weniger als 50 % Buche, die in der hier angestellten Berechnung nicht von dem Einschlagstopp in „Buchenwäldern“ betroffen wären; insoweit wird die entgangene Wertschöpfung also überschätzt. Beide Effekte dürften sich mindestens teilweise ausgleichen, so dass die Schlussfolgerung davon unberührt bleiben dürfte.

9 Quellenverzeichnis

Becher G (2015) Clusterstatistik Forst und Holz: Tabellen für das Bundesgebiet und die Länder 2000 bis 2013. Hamburg: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 109 p, Thünen Working Paper 48.

Becher G (2016) Clusterstatistik Forst und Holz: Tabellen für das Bundesgebiet und die Länder 2000 bis 2014. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 85 p, Thünen Working Paper 67.

BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2016): Wald und Rohholzpotenzial der nächsten 40 Jahre. Ausgewählte Ergebnisse der Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung 2013 bis 2052. Berlin. 64 p.

Bolte A, Höhl M, Hennig P, Schad T, Kroher F, Seintsch B, Englert H, Rosenkranz L (2021) Zukunftsaufgabe Waldanpassung. AFZ Wald 76(4):12-16

Bösch M, Jochem D, Weimar H, Dieter M (2015) Physical input-output accounting of the wood and paper flow in Germany. Resources, Conservation and Recycling 94, 99-109

Bösch M, Elsasser P, Rock J, Rüter S, Weimar H, Dieter M (2017) Climate change mitigation potential of alternative timber-cutting strategies: a cost-effectiveness analysis for Germany. Forest Policy and Economics 78, 88–97

Bösch M, Elsasser P, Rock J, Weimar H, Dieter H (2019): Extent and costs of forest-based climate change mitigation in Germany: accounting for substitution. Carbon Management 10 (2), S. 127-134

Brandl, Susanne; Paul, Carola; Knoke, Thomas; Falk, Wolfgang (2020): The influence of climate and management on survival probability for Germany's most important tree species. In: Forest Ecology and Management 458. DOI: 10.1016/j.foreco.2019.117652.

Dieter M (2008) Analyse der Wertschöpfung durch Holznutzung aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 179: 202-207

Dög M, Seintsch B, Rosenkranz L, Dieter M (2016) Belastungen der deutschen Forstwirtschaft aus der Schutz- und Erholungsfunktion des Waldes. Landbauforsch Appl Agric Forestry Res 66(2):71-92, DOI:10.3220/LBF1467620583000

Elsasser P, Altenbrunn K, Köthke M, Lorenz M, Meyerhoff J (2020): Regionalisierte Bewertung der Waldleistungen in Deutschland. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut. Thünen-Report 79, 210 S.

Elsasser P, Grabski-Kieron U, Hellmich M, et al. (2021) Gesellschaftliche Bewertung der Landnutzungsstrategien. In: Fick J, Gömann H (Hrsg.): Wechselwirkungen zwischen Landnutzung und Klimawandel. Wiesbaden: Springer Spektrum, S. 299-420

Engel F, Meyer P, Bauhus J, et al. (2016) Wald mit natürlicher Entwicklung – ist das 5%-Ziel erreicht? Allgemeine Forst Zeitschrift (9), S. 46-48

FORSA GMBH (2012) Meinungen zum Schutz des Waldes in Baden-Württemberg Forsa Gesellschaft für Sozialforschung und statistische Analysen mbH. 3 S.

Küpker M, Küppers JG, Elsasser P, Thoroe C (Hrsg.). (2005) Sozioökonomische Bewertung von Maßnahmen zur Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt der Wälder. Hamburg: BFH. Arbeitsbericht des Instituts für Ökonomie 2005/01, 114 S.

Leontief W (1936) Quantitative input and output relations in the economic system of the United States. Review of Economics and Statistics 18: 105-125

Liebe U, Preisendorfer P, Meyerhoff J. (2006) Nutzen aus Biodiversitätsveränderungen. In: Meyerhoff J, Hartje V, Zerbe S. (Hrsg.): Biologische Vielfalt und deren Bewertung am Beispiel des ökologischen Waldumbaus in den Regionen Solling und Lüneburger Heide. Göttingen: Forschungszentrum Waldökosysteme (Selbstverlag), S. 101-155

Lorenz M, Elsasser P (2018) Ansichten und Einstellungen zu Wald und Forstwirtschaft in Deutschland. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 189 (1/2), S. 1-15

Meyerhoff J, Angeli D, Hartje V (2012) Valuing the benefits of implementing a national strategy on biological diversity - The case of Germany. Environmental Science & Policy 23 S. 109-119

Obladen N, Dechering P, Skiairesis G, Tegel W, Keßler J, Höllerl S, Kaps S, Hertel M, Dulamsuren C, Seifert T, Hirsch M, Seim A (2021) Tree mortality of European beech and Norway spruce induced by 2018-2019 hot droughts in central Germany. Agricultural and Forest Meteorology 307, 108482. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108482>

Riedel T., Hennig P., Kroher F., Polley H., Schmitz F., Schwitzgebel F. (2017): Die dritte Bundeswaldinventur (BWI 2012). Inventur- und Auswertemethoden, 124 S

Rock J, Kroher F (2021) Waldstillegung für den Klimaschutz? Hinweise aus der Bundeswaldinventur. In: Beiträge zur Jahrestagung 2021 / Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten Sektion Ertragskunde. pp 137-149

Rosenkranz L, Seintsch B (2015) Opportunitätskostenanalyse zur Implementierung des naturschutzorientierten Waldbehandlungskonzepts "Neue Multifunktionalität". Landbauforsch Appl Agric Forestry Res 65(3/4):145-160, DOI:10.3220/LBF1452524672000

Rosenkranz L, Seintsch B (2017) Ökonomische Analysen der Szenarien. AFZ Wald 72(13):24-26

Rosenkranz L, Seintsch B, Wippel B, Dieter M (2014) Income losses due to the implementation of the habitats directive in forestsconclusions from a case study in Germany. Forest Pol Econ 38:207-218, DOI:10.1016/j.forpol.2013.10.005

Schuldt B, Buras A, Arend M, Vitassee Y, Beierkuhnlein C, Damm A, Gharun M, Grams TE, Hauck M, Hajek P (2020) A first assessment of the impact of the extreme 2018 summer drought on Central European forests. Basic and Applied Ecology 45:86-103. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2020.04.003>

SPD; DIE GRÜNEN; FDP (2021) Mehr Fortschritt wagen: Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. Koalitionsvertrag 2021 – 2025 zwischen der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands (SPD), BÜNDNIS 90 / DIE GRÜNEN und den Freien Demokraten (FDP). Berlin. 177 S.

Weimar H (2020) Holzbilanzen 2017 bis 2019 für die Bundesrepublik Deutschland. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 37 p, Thünen Working Paper 153.

Weingarten P; Bauhus J; Arens-Azevedo U; Balmann A; Biesalski HK; Birner R; Bitter AW; Bokelmann W; Bolte A; Bösch M; Christen O; Dieter M; Entenmann S; Feindt M; Gault M; Grethe H; Haller P; Nieberg H; Osterburg B.; Rüter S, et al. (2016) Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung; Gutachten. Berlin, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), 479 p.

Weller P, Elsasser P (2018) Preferences for forest structural attributes in Germany – evidence from a choice experiment. Forest Policy and Economics 93 S. 1-9

10 Anhang

Ökonomische Bewertung des Holzvorrates sowie des Deckungsbeitrages alter Buchenwälder aus forstbetrieblicher Sicht: ausführliche Version

Nachfolgend soll der Holzvorrat alter Buchenwälder (Abtriebswert) der Eigentumsarten für unterschiedliche Umsetzungsvarianten bewertet werden. Hieran schließt sich eine ökonomische Bewertung des holzerntekostenfreien Erlöses des potenziellen Rohholzaufkommens des Basisszenarios 2012 der Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung (WEHAM) für die Projektionsperiode 2023-2027 der Eigentumsarten für drei Altersklassengruppen alter Buchenwälder an. Um die langfristigen Wirkungen eines Einschlagsverzichtes in alten Buchenwäldern auf die verbleibenden Restflächen der Betriebsklasse Buche aufzuzeigen, werden zusätzlich auch langfristige Simulationsergebnisse hierzu vorgestellt.

Neben Sonderauswertungen der Bundeswaldinventur 2012 und der Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung (WEHAM) wurden als wesentliche Datenquellen für die ökonomischen Bewertungen das Testbetriebsnetz „Forstwirtschaft“ des BMEL sowie für die langfristige Simulation das Forest Economic Simulation Model (FESIM) des Thünen-Institutes für Waldwirtschaft verwendet.

Testbetriebsnetz „Forstwirtschaft“

Auf Basis des Testbetriebsnetzes „Forstwirtschaft“ des BMEL (TBN Forst) sind in Tabelle 10 die Verkaufserlöse der Holzartengruppe Buche, die Holzerntekosten und die erntekostenfreien Erlöse für die Holzartengruppe differenziert nach Eigentumsarten für die Berichtsjahre 2015-2017 dargestellt. Weiterhin finden sich in der tabellarischen Darstellung diese Kennzahlen auch für Körperschafts- und Privatwaldbetriebe mit der führenden Baumart „Laubholz“ (d. h. Betriebe mit einem Flächenanteil der Holzartengruppen Buche und Eiche > 50 % der Holzbodenfläche).

Als Preise für die Bewertung des Einschlagsverzichtes in alten, naturnahen Buchenwäldern im öffentlichen Besitz wurden die TBN Forst-Preise im Mehrjahresmittel der Jahre 2015-2017 verwendet, welche durch gute konjunkturelle Rahmenbedingungen für die Forstwirtschaft gekennzeichnet sind. Auf eine Verwendung der aktuelleren TBN-Berichtsjahre 2018 und 2019 wurde aufgrund der gravierenden Kalamitätsschäden verzichtet (z. B. Möhring et al. 2021). Weiterhin wurde geprüft, ob die Erlöse, Holzerntekosten und holzerntekostenfreie Erlöse innerhalb der Betriebsgruppe des Körperschafts- und Privatwaldes von laubholzdominierten Betrieben grundlegend abweichen. Da dies nicht der Fall ist, wurden jeweils die Mehrjahresmittel für die gesamte Eigentumsart verwendet. Da im TBN-Forst keine differenzierten Buchführungsergebnisse für den Bundes- und Landeswald ausgewiesen werden, wurden einheitlich die TBN-Preise für den Staatswald verwendet.

Während die BWI- und WEHAM-Auswertungen für die Baumartengruppe Buche ausgewertet wurden, weist das TBN Forst lediglich Durchschnittspreise für die Holzartengruppe Buche aus. Innerhalb dieser Holzartengruppe ist die Baumartengruppen Buche, einschließlich anderen Laubholzes hoher Lebenserwartung (ALH) und anderen Laubholzes niedriger Lebenserwartung (ALN) ausgewiesen, weshalb das TBN Forst die tatsächlichen Preise für die Baumartengruppe Buche unterschätzen dürfte. Außerdem werden im TBN Forst Durchschnittspreise über alle Sortimente, Stärkenklassen und Qualitäten ausgewiesen, wodurch die Preise für den Einschlag in alten, hiebsreifen Altersklassen tendenziell unterschätzt werden, auch wenn in den ältesten Buchenbeständen zunehmend eine qualitätsmindernde Holzentwertung auftreten dürfte. Die folgende monetäre Bewertung kann damit eher als eine konservative Schätzung angesehen werden.

Tabelle 9: Verkaufserlöse der Holzartengruppe Buche (ohne Selbstwerber), Holzerntekosten (ohne Selbstwerber) und erntekostenfreier Erlös differenziert nach Eigentumsarten für die Berichtsjahre 2015-2017 (Quelle: Testbetriebsnetz „Forstwirtschaft“ des BMEL; <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/testbetriebsnetz/testbetriebsnetz-forst-buchfuehrungsergebnisse>)

Staatswald		2015	2016	2017	2015-2017
Verkaufserlöse Bu, sLb, ohne Selbstw.	€/m³	55,67	63,78	55,06	58,17
Aufwand Holzernte, o. Selbstw., nur verwertb. Holz	€/m³	29,43	30,86	28,29	29,53
Erntekostenfr. Holzerl. (Berichtsj., nur verwertb. Holz)	€/m³	26,23	32,92	26,77	28,64
Stattwald: Betriebe m. Buche, Eiche > 50 %		2015	2016	2017	2015-2017
Verkaufserlöse Bu, sLb, ohne Selbstw.	€/m³				
Aufwand Holzernte, o. Selbstw., nur verwertb. Holz	€/m³				
Erntekostenfr. Holzerl. (Berichtsj., nur verwertb. Holz)	€/m³				
Körperschaftswald		2015	2016	2017	2015-2017
Verkaufserlöse Bu, sLb, ohne Selbstw.	€/m³	57,09	58,98	57,06	57,71
Aufwand Holzernte, o. Selbstw., nur verwertb. Holz	€/m³	26,25	27,33	26,71	26,77
Erntekostenfr. Holzerl. (Berichtsj., nur verwertb. Holz)	€/m³	30,84	31,65	30,34	30,94
Körperschaftswald: Betriebe m. Buche, Eiche > 50 %		2015	2016	2017	2015-2017
Verkaufserlöse Bu, sLb, ohne Selbstw.	€/m³	57,29	58,99	57,45	57,91
Aufwand Holzernte, o. Selbstw., nur verwertb. Holz	€/m³	26,74	27,56	27,78	27,36
Erntekostenfr. Holzerl. (Berichtsj., nur verwertb. Holz)	€/m³	30,55	31,43	29,67	30,55
Privatwald		2015	2016	2017	2015-2017
Verkaufserlöse Bu, sLb, ohne Selbstw.	€/m³	57,08	60,74	56,15	57,99
Aufwand Holzernte, o. Selbstw., nur verwertb. Holz	€/m³	22,03	21,38	20,33	21,25
Erntekostenfr. Holzerl. (Berichtsj., nur verwertb. Holz)	€/m³	35,05	39,36	35,82	36,74
Privatwald: Betriebe m. Buche, Eiche > 50 %		2015	2016	2017	2015-2017
Verkaufserlöse Bu, sLb, ohne Selbstw.	€/m³	57,48	57,78	58,62	57,96
Aufwand Holzernte, o. Selbstw., nur verwertb. Holz	€/m³	24,40	20,48	21,52	22,13
Erntekostenfr. Holzerl. (Berichtsj., nur verwertb. Holz)	€/m³	33,08	37,30	37,10	35,83

Monetäre Bewertung des Holzvorrates alter Buchenwälder

In Tabelle 11 wurde auf Basis einer Sonderauswertung der Bundeswaldinventur 2012 (BWI 2012) zum Stichtag 01.10.2012 für unterschiedliche Umsetzungsvarianten des Einschlagsverzichts in alten Buchenwäldern der Abtriebwert des Holzvorrates differenziert nach Eigentumsarten berechnet. Als „öffentlicher Wald“ sind in der tabellarischen Darstellung der Bundes-, Landes- und Körperschaftswald summarisch zusammengefasst. Weiterhin ist tabellarisch die Holzbodenfläche, der Holzvorrat sowie der relative Anteil der Umsetzungsvarianten am Gesamtwald sowie der jeweiligen Eigentumsart (EA) aufgeführt. Vorweg zu stellen ist, dass es sich um eine BWI 2012-Auswertung zu ideellen Beständen handelt. Hierbei werden alle bei der BWI-Stichprobe erfassten Bäume zu gleichaltrigen Reinbeständen „ideell“ zusammengerechnet, auch wenn diese tatsächlich in Mischbeständen oder ungleichaltrigen Beständen angetroffen wurden. Daher dürfte diese Betrachtung die tatsächlichen Auswirkungen eines Einschlagsverzichts in alten Buchenwäldern unterschätzen, da bei einer Unterschutzstellung auch andere Baumarten und jüngere Altersklassen anteilig betroffen wären.

Öffentlicher Wald

Für die drei gewählten Umsetzungsvarianten belief sich die Holzbodenfläche und deren Anteil an der Gesamtholzbodenfläche der Baumartengruppe Buche für den öffentlichen Wald auf 331.414 ha (63 %) für Buche > 120 Jahre, auf 209.023 ha (66 %) für Buche > 140 Jahre und auf 97.667 ha (70 %) für Buche > 160 Jahre. Auf dieser Holzbodenfläche stockte zum Stichtag der BWI 2012 ein Holzvorrat von 139 Mio. Vfm (59 %) für Buche > 120 Jahre, 87 Mio. Vfm (61 %) für Buche > 140 Jahre und 41 Mio. Vfm (66 %) für Buche > 160 Jahre. Bewertet mit den

erntekostenfreien Erlösen der Eigentumsarten beläuft sich der Abtriebswert dieses Holzvorrates auf 3.287 Mio. € für Buche > 120 Jahre, 2.052 Mio. € für Buche > 140 Jahre und 974 Mio. € für Buche > 160 Jahre. Bei einem dauerhaften Einschlagsverzicht im öffentlichen Wald wäre der Wert des stehenden Holzvorrates abzuschreiben, da diese Flächen für die Rohholzproduktion als Wirtschaftsgut nicht mehr zur Verfügung stehen.

Bundeswald

Weiterhin wird aus Tabelle 11 deutlich, dass dem öffentlichen Wald in Bundeseigentum in allen drei Umsetzungsvarianten eine nachgeordnete Bedeutung zukommt. Die Holzbodenfläche und der Abtriebswert des Bundeswaldes für alte Buchenwälder belaufen sich in der Umsetzungsvariante > 120 Jahre auf 6.628 ha und 72 Mio. €, > 140 Jahre auf 3.902 ha und 45 Mio. € und > 160 Jahre auf 2.642 ha und 35 Mio. €.

Deutlich höhere Flächenanteile alter Buchenwälder mit hohen Holzvorräten und Abtriebswerten finden sich hingegen im Landes- und Körperschaftswald. Auf diese alten Buchenwälder hat der Bund jedoch kein direktes Zugriffsrecht und müsste sich die Verfügungsrechte für das Ziel eines Einschlagsverzichtes sichern, sofern die anderen öffentlichen Eigentümer dieses Ziel des Koalitionsvertrages nicht selbst verfolgen (vgl. Tabelle 11).

Tabelle 10: Abtriebswert des Holzvorrates, Holzbodenfläche und Holzvorrat für ideelle Bestände der Baumartengruppe Buche differenziert nach Eigentumsarten und Alterklassengruppen (Quelle: Bundeswaldinventur 2012-Sonderauswertung des TI-WO)

Öffentlicher Wald		> 120 Jahre			> 140 Jahre			> 160 Jahre		
	Einheit	Absolut	EA an Gesamt-EA [%]	EA an Gesamt-Wald [%]	Absolut	EA an Gesamt-EA [%]	EA an Gesamt-Wald [%]	Absolut	EA an Gesamt-EA [%]	EA an Gesamt-Wald [%]
Holzbodenfläche [ha]		331.414	30%	63%	209.023	19%	66%	97.667	9%	70%
Holzvorrat [Mio. Vfm]		139	38%	59%	87	24%	61%	41	11%	66%
Abtriebswert [Mio. €]		3.287			2.052			974		
Bundeswald		> 120 Jahre			> 140 Jahre			> 160 Jahre		
	Einheit	Absolut	EA an Gesamt-EA [%]	EA an Gesamt-Wald [%]	Absolut	EA an Gesamt-EA [%]	EA an Gesamt-Wald [%]	Absolut	EA an Gesamt-EA [%]	EA an Gesamt-Wald [%]
Holzbodenfläche [ha]		6.628	30%	1%	3.902	18%	1%	2.642	12%	2%
Holzvorrat [Mio. Vfm]		3	39%	1%	2	24%	1%	2	19%	2%
Abtriebswert [Mio. €]		72			45			35		
Landeswald		> 120 Jahre			> 140 Jahre			> 160 Jahre		
	Einheit	Absolut	EA an Gesamt-EA [%]	EA an Gesamt-Wald [%]	Absolut	EA an Gesamt-EA [%]	EA an Gesamt-Wald [%]	Absolut	EA an Gesamt-EA [%]	EA an Gesamt-Wald [%]
Holzbodenfläche [ha]		186.856	30%	36%	121.679	20%	38%	59.182	9%	42%
Holzvorrat [Mio. Vfm]		77	38%	32%	50	25%	35%	25	12%	40%
Abtriebswert [Mio. €]		1.757			1.143			573		
Körperschaftswald		> 120 Jahre			> 140 Jahre			> 160 Jahre		
	Einheit	Absolut	EA an Gesamt-EA [%]	EA an Gesamt-Wald [%]	Absolut	EA an Gesamt-EA [%]	EA an Gesamt-Wald [%]	Absolut	EA an Gesamt-EA [%]	EA an Gesamt-Wald [%]
Holzbodenfläche [ha]		137.930	30%	26%	83.442	18%	26%	35.843	8%	26%
Holzvorrat [Mio. Vfm]		59	38%	25%	35	23%	25%	15	10%	24%
Abtriebswert [Mio. €]		1.458			864			366		
Privatwald		> 120 Jahre			> 140 Jahre			> 160 Jahre		
	Einheit	Absolut	EA an Gesamt-EA [%]	EA an Gesamt-Wald [%]	Absolut	EA an Gesamt-EA [%]	EA an Gesamt-Wald [%]	Absolut	EA an Gesamt-EA [%]	EA an Gesamt-Wald [%]
Holzbodenfläche [ha]		191.625	33%	37%	108.489	19%	34%	42.593	7%	30%
Holzvorrat [Mio. Vfm]		98	42%	41%	55	24%	39%	21	9%	34%
Abtriebswert [Mio. €]		2.804			1.573			611		

Monetäre Bewertung des Rohholzpotenzials des WEHAM-Basiszenarios 2012 für alte Buchenwälder

In Tabelle 12 ist der Produktionswert und der holzerntekostenfreie Erlös des Rohholzpotenzials des Basiszenarios 2012 der Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung (WEHAM) für die Projektionsperiode 2023-2027 nach Eigentumsarten für die drei Umsetzungsvarianten dargestellt. Auch hier wurde als öffentlicher Wald der Bundes-, Landes- und Körperschaftswald summarisch zusammengefasst. Die WEHAM-Projektionsperiode 2023-2027 wurde aufgrund der Legislaturperiode des 20. Deutschen Bundestages gewählt. Auf eine monetäre Bewertung weiterer WEHAM-Projektionsperioden wurde verzichtet, zumal das potenzielle Rohholzaufkommen der Baumartengruppe Buche in den einzelnen Eigentumsarten keinen gravierenden Veränderungen innerhalb des 40jährigen Projektionszeitraumes des WEHAM-Basiszenarios unterliegt. Für die Ausweisung des Produktionswertes wurden die eigentumsartenspezifischen Verkaufserlöse der Holzartengruppe Buche des TBN Forst und für die Ausweisung des Deckungsbeitrages (DB) wurde der erntekostenfreie Erlös im Mehrjahresmittel 2015-2017 verwendet. Zusätzlich ist der Anteil des Produktionswertes und Deckungsbeitrages der einzelnen Umsetzungsvarianten am gesamten Produktionswert und Deckungsbeitrag der Eigentumsarten (EA) ausgewiesen.

Öffentlicher Wald

Für den Bundes-, Landes- und Körperschaftswald in Summe („Öffentlicher Wald“) berechnet sich ein Produktionswert der alten Buchenwälder und deren Anteil am Gesamtproduktionswert der Betriebsklasse Buche in der Umsetzungsvarianten > 120 Jahre von 186,1 Mio. €/a (43 %), > 140 Jahre von 134,6 Mio. €/a (31 %) und > 160 Jahre von 68,9 Mio. €/a (16 %). Als Deckungsbeiträge (DB) des Rohholzpotenzials berechnen sich 95,1 Mio. €/a (43 %), > 140 Jahre von 68,7 Mio. €/a (31 %) und > 160 Jahre von 35,0 Mio. €/a (16 %).

Bundeswald

Für den Bundeswald berechnet sich ein Produktionswert der alten Buchenwälder und deren Anteil am Gesamtproduktionswert der Betriebsklasse Buche in der Umsetzungsvarianten > 120 Jahre von 4,4 Mio. €/a (45 %), > 140 Jahre von 2,9 Mio. €/a (30 %) und > 160 Jahre von 2,6 Mio. €/a (26 %). Als Deckungsbeiträge (DB) bzw. erntekostenfreie Erlöse des potenziellen Rohholzaufkommens berechnen sich 2,2 Mio. €/a (45 %), > 140 Jahre von 1,4 Mio. €/a (30 %) und > 160 Jahre von 1,3 Mio. €/a (26 %). Auch hier wird deutlich, dass diese Produktionswerte und holzerntekostenfreien Erlöse des Bundeswaldes im Vergleich zu den beiden anderen Eigentumsarten des öffentlichen Waldeigentums marginal erscheinen.

Tabelle 11: Potenzielles Rohholzaufkommen des WEHAM Basisszenarios 2012 für ideelle Bestände der Baumartengruppe Buche differenziert nach Eigentumsarten und Altersklassengruppen für drei Umsetzungsvarianten (Quelle: WEHAM Basisszenario 2012-Sonderauswertung des TI-WO)

Öffentlicher Wald		> 120 Jahre		> 140 Jahre		> 160 Jahre		alle Baumaltersklassen	
Projektionsperiode: 2023-2027		Prod.-Wert	DB	Prod.-Wert	DB	Prod.-Wert	DB	Prod.-Wert	DB
[Mio. m ³ /a]		3,2	3,2	2,3	2,3	1,2	1,2	12,0	12,0
[€/m ³]		57,97	29,64	57,99	29,57	58,00	29,50	57,97	32,00
[Mio. €/a]		186,1	95,1	134,6	68,7	68,9	35,0	698,5	385,6
[%] EA an Gesamt-EA [Mio. €/a]		43%	43%	31%	31%	16%	16%		
Bundeswald		> 120 Jahre		> 140 Jahre		> 160 Jahre		alle Baumaltersklassen	
Projektionsperiode: 2023-2027		Prod.-Wert	DB	Prod.-Wert	DB	Prod.-Wert	DB	Prod.-Wert	DB
[Mio. m ³ /a]		0,08	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04	0,17	0,17
[€/m ³]		58,17	28,64	58,17	28,64	58,17	28,64	58,17	28,64
[Mio. €/a]		4,4	2,2	2,9	1,4	2,6	1,3	9,7	4,8
[%] EA an Gesamt-EA [Mio. €/a]		45%	45%	30%	30%	26%	26%		
Landeswald		> 120 Jahre		> 140 Jahre		> 160 Jahre		alle Baumaltersklassen	
Projektionsperiode: 2023-2027		Prod.-Wert	DB	Prod.-Wert	DB	Prod.-Wert	DB	Prod.-Wert	DB
[Mio. m ³ /a]		1,7	1,7	1,3	1,3	0,7	0,7	4,2	4,2
[€/m ³]		58,17	28,64	58,17	28,64	58,17	28,64	58,17	28,64
[Mio. €/a]		101,6	50,0	77,8	38,3	40,8	20,1	242,5	119,4
[%] EA an Gesamt-EA [Mio. €/a]		42%	42%	32%	32%	17%	17%		
Körperschaftswald		> 120 Jahre		> 140 Jahre		> 160 Jahre		alle Baumaltersklassen	
Projektionsperiode: 2023-2027		Prod.-Wert	DB	Prod.-Wert	DB	Prod.-Wert	DB	Prod.-Wert	DB
[Mio. m ³ /a]		1,4	1,4	0,9	0,9	0,4	0,4	3,1	3,1
[€/m ³]		57,71	30,94	57,71	30,94	57,71	30,94	57,71	30,94
[Mio. €/a]		80,1	42,9	53,9	28,9	25,5	13,7	176,8	94,8
[%] EA an Gesamt-EA [Mio. €/a]		45%	45%	31%	31%	14%	14%		
Privatwald		> 120 Jahre		> 140 Jahre		> 160 Jahre		alle Baumaltersklassen	
Projektionsperiode: 2023-2027		Prod.-Wert	DB	Prod.-Wert	DB	Prod.-Wert	DB	Prod.-Wert	DB
[Mio. m ³ /a]		2,4	2,4	1,8	1,8	0,9	0,9	4,6	4,6
[€/m ³]		57,96	35,83	57,96	35,83	57,96	35,83	57,96	35,83
[Mio. €/a]		141,1	87,3	101,5	62,7	50,9	31,5	269,5	166,6
[%] EA an Gesamt-EA [Mio. €/a]		52%	52%	38%	38%	19%	19%		

Anmerkung: EA = Eigentumsart; Prod.-Wert = Produktionswert, DB = holzerntekostenfreier Erlös

Für den Bundeswald berechnet sich ein Produktionswert der alten Buchenwälder und deren Anteil am Gesamtproduktionswert der Betriebsklasse Buche in der Umsetzungsvarianten > 120 Jahre von 4,4 Mio. €/a (45 %), > 140 Jahre von 2,9 Mio. €/a (30 %) und > 160 Jahre von 2,6 Mio. €/a (26 %). Als Deckungsbeiträge (DB) bzw. erntekostenfreie Erlöse des potenziellen Rohholzaufkommens berechnen sich 2,2 Mio. €/a (45 %), > 140 Jahre von 1,4 Mio. €/a (30 %) und > 160 Jahre von 1,3 Mio. €/a (26 %). Auch hier wird deutlich, dass diese Produktionswerte und holzerntekostenfreien Erlöse des Bundeswaldes im Vergleich zu den beiden anderen Eigentumsarten des öffentlichen Waldeigentums marginal erscheinen.

Simulation der langfristigen Veränderung der holzerntekostenfreien Erlöse der Restflächen bei Einschlagsverzicht in alten Buchenwäldern

Methode, Datengrundlage, Szenarien

Da die Auswirkungen forstwirtschaftlichen Handelns, aufgrund der langen Lebenszyklen von Baumarten, oft erst nach vielen Jahrzehnten oder Jahrhunderten sichtbar werden, wurde das **Forest Economic Simulation Modell** (FESIM), für eine weiterführende naturale und ökonomische Bewertung über den 40-jährigen WEHAM-Simulationszeitraum heraus, herangezogen. Mit dem FESIM können unter anderem Holzeinschlagsmengen und Deckungsbeiträge für unterschiedliche Waldbewirtschaftungsvarianten für die Baumarten Buche, Eiche, Birke, Fichte, Kiefer und Douglasie über einen Zeitraum von 200 Jahren, aufgeteilt in 5-Jahres Perioden, simuliert werden. Basierend auf individuell anpassbaren Eingangsdaten (z.B. Baumartenfläche nach Altersklassen, Umtriebszeiten, Holzerntekosten und -erlösen) zeigt das Modell die möglichen langfristigen, naturalen und wirtschaftlichen Auswirkungen waldbaulicher Bewirtschaftungsoptionen auf. Darüber hinaus ermöglicht das Modell die Berechnung der Opportunitätskosten von z.B. der Umsetzung von Naturschutzauflagen (Rosenkranz et al. 2014, Rosenkranz & Seintsch 2015, Rosenkranz & Seintsch 2017) oder der Bereitstellung von Schutz- und Erholungsfunktionen (Dög et al. 2016).

Als **Datengrundlage** für die Berechnungen wurde die ideelle Fläche der Baumart Buche je Altersklasse der BWI 2012 herangezogen und diese gutachterlich auf die 5-Jahres-Perioden des Modells aufgeteilt. Die durchschnittliche Umtriebszeit der Baumart Buche wurde den Steuerparametern des WEHAM-Modells (Buche: Median 160 Jahre) entnommen (BMEL 2016). Für die Berechnungen wurde eine natürliche Verjüngung unterstellt, so dass keine Kosten für Pflanzungen anfallen, ebenso wurde unterstellt, dass die Buchenfläche nach Endnutzung oder Kalamität nicht in eine andere Baumart übergeht. Für die Holzerlöse und Holzerntekosten wurden die durchschnittlichen Werte je Waldbesitzart aus dem TBN Forst verwendet, die im vorhergehenden Kapitel beschrieben wurden. Um Ausfälle der Buche durch Extremwetterlagen/Kalamitäten abbilden zu können, wurden Überlebenswahrscheinlichkeiten nach Brandl et al. (2020) für das RCP 8.5 Szenario unterstellt. Weiterhin wurde angenommen, dass 80 % des Kalamitätsholzes genutzt werden und 20 % des Kalamitätsholzes ungenutzt im Wald verbleiben. Für den kalamitätsbedingten Mehraufwand in der Holzernte wurde ein Aufschlag von 15 % auf die Holzerntekosten sowie weiterhin ein Abschlag von 20 % auf den Erlös für Kalamitätsholz angenommen.

Für alle Waldbesitzarten wurden folgende **Szenarien** berechnet:

- U160: dauerhafte Stilllegung aller Buchenflächen, die zum heutigen Zeitpunkt älter als 160 Jahre sind,
- U140: dauerhafte Stilllegung aller Buchenflächen, die zum heutigen Zeitpunkt älter als 140 Jahre sind,
- U120: dauerhafte Stilllegung aller Buchenflächen, die zum heutigen Zeitpunkt älter als 120 Jahre sind.

Weiterhin wurde als Referenz ein Business-as-usual (BAU)-Szenario berechnet, in dem keine Buchenflächen aus der Nutzung genommen wurden. Auf den jeweiligen Restbuchenwaldflächen wurden die Entwicklung der Holzeinschlagsmengen und Deckungsbeiträge (= Holzerlöse - Holzerntekosten) für die Waldbesitzarten Bundeswald (BW), Landeswald (LW), Kommunalwald (KW) sowie für den Gesamtwald (GW), für 20-Jahresperioden, modelliert. Im Ergebnis werden diese Entwicklungen in ihrem Verlauf sowie als Differenz im Vergleich zur Referenz BAU dargestellt

Bei der **Ergebnisinterpretation** ist zu beachten, dass Modelle stets ein vereinfachtes Bild der Wirklichkeit zeigen. Weiterhin fällt in der ersten Periode ein deutlich höherer Holzeinschlag und Deckungsbeitrag an, der dadurch zustande kommt, dass das FESIM zu Beginn der Simulation alle Bestände über der eingestellten Umtriebszeit von 160 Jahren (+20 Jahre Übergangszeitraum) einschlägt („Modell-Einhängeeffekt“). Dadurch ist die Einschlagsmenge in der ersten 20-Jahresperiode in allen Szenarien sehr hoch (und analog auch der Deckungsbeitrag). Die erste Periode wird deshalb in allen Waldbesitzarten nicht in die Ergebnisinterpretation einbezogen.

Weiterhin ist zu beachten, dass die Szenarien Zukunftsbilder möglicher Entwicklungen aufzeigen (= „Was wäre, wenn?“) und keine Prognosen zu den tatsächlichen Entwicklungen in der Zukunft (= „Was wird geschehen?“) sind.

Ergebnisse der Modellierung

Unter den beschriebenen Modelleinstellungen und Annahmen ergibt sich für die gesamte deutsche Buchenwaldfläche im **BAU-Referenzszenario** ein Einschlag von im Mittel 10,7 Mio. Efm/Jahr über den 200-jährigen Simulationszeitraum. Daran hat der Bundeswald im Mittel einen Anteil von 1 %, der Landeswald von 37 %, der Kommunalwald von 27 % und der Privatwald von 35 %. Mit dem Holz wird im BAU, gemäß den Modellierungsergebnissen, ein Deckungsbeitrag von durchschnittlich 326 Mio. €/Jahr erzielt. Bedingt durch die unterschiedliche Altersklassenstruktur der Buche weichen die Prozentanteile des Deckungsbeitrags in den einzelnen Waldbesitzarten zu denen des Einschlags ab und belaufen sich durchschnittlich für den Bundeswald auf 1 %, für den Landeswald auf 33 %, für den Kommunalwald auf 26 % und für den Privatwald auf 40 %.

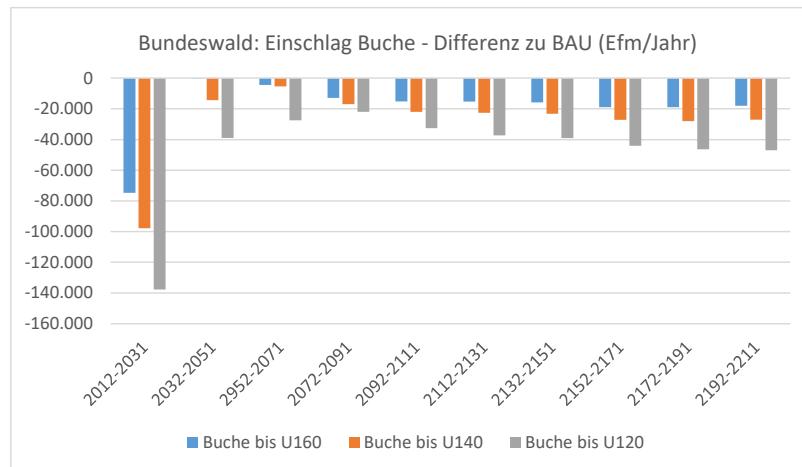
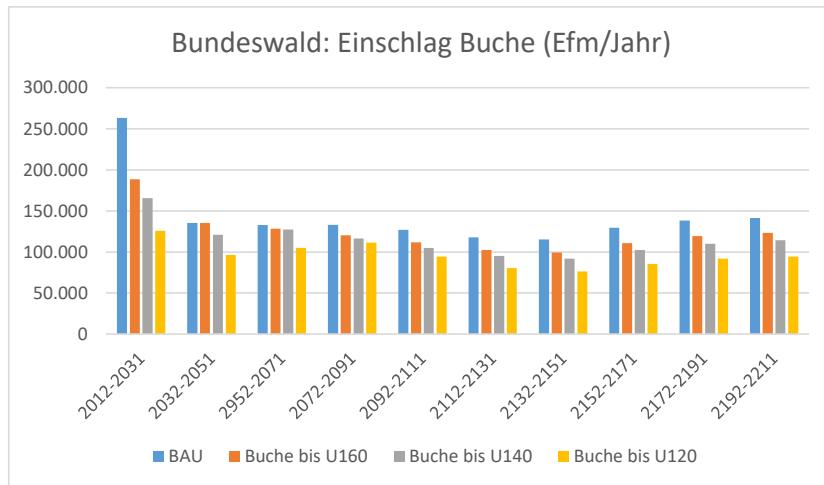
Da durch die Stilllegung alter Buchenwälder hiebsreife Buchenbestände nicht mehr für die Forstbetriebe der öffentlichen Hand zur Holzernte zur Verfügung stehen, ergeben sich durch die Umsetzung der Szenarien reduzierte Einschlagsmengen und Deckungsbeiträge. Erst durch das Nachwachsen neuer Bestände ins Erntealter können auf Buchenflächen wieder Erträge generiert werden. Im Vergleich zur gesamten deutschen Buchenwaldfläche ergibt sich über den 200-jährigen Simulationszeitraum, durch Stilllegung der Buchenflächen in Betrieben der öffentlichen Hand, eine Reduktion des Einschlags im Szenario U160 um rund 6 % pro Jahr, im Szenario U140 um rund 13 % pro Jahr und im Szenario U120 um rund 21 % pro Jahr sowie eine Reduktion des Deckungsbeitrags um rund 6 % pro Jahr im Szenario U160, um rund 12 % pro Jahr im Szenario U140 und um rund 19 % pro Jahr im Szenario U120.

Im Folgenden werden die Entwicklungen der Holzeinschlagsmengen und Deckungsbeiträgen in den drei Szenarien für den öffentlichen Wald detailliert dargestellt.

Der **Bundeswald** weist über die 200-jährige Simulationsperiode im BAU einen durchschnittlichen Einschlag von 143 Tsd. Efm/Jahr auf, dabei schwankt die Einschlagshöhe zwischen 115-263 Tsd. Efm/Jahr. Im Szenario U160 bewegt sich die Einschlagshöhe zwischen 99-188 Tsd. Efm/Jahr (Mittelwert 123 Tsd. Efm/a), im Szenario U140 zwischen 92-166 Tsd. Efm/Jahr (Mittelwert 115 Tsd. Efm/a) und im Szenario U120 zwischen 76-126 Tsd. Efm/Jahr (Mittelwert 96 Tsd. Efm/a). Die Differenzen des Einschlags im Vergleich zum BAU bewegen sich (mit Ausnahme der ersten Periode) wie folgt:

- U160: Differenz zwischen rund -132 Efm/Jahr und -74 Tsd. Efm/Jahr, dies entspricht prozentual einer Reduktion zwischen 0% und 28 % je Jahr, im Mittel um -12 %.
- U140: Differenz zwischen rund -5,4 Tsd. Efm/Jahr und -98. Tsd. Efm/Jahr, dies entspricht prozentual einer Reduktion zwischen 4 % bis 37 % je Jahr, im Mittel um -18 %
- U120: Differenz zwischen rund -22 Tsd. Efm/Jahr und -138 Tsd. Efm/Jahr, dies entspricht prozentual einer Reduktion zwischen 16 % bis 52 % je Jahr, im Mittel um -31 %.

Die Entwicklung des Bucheneinschlags in den Szenarien und die Reduktion des Einschlags ist für den Bundeswald in den Abbildung 10 und Abbildung 11 dargestellt.

Abbildung 10: Entwicklung des Einschlags auf Buchenflächen im Bundeswald in den Szenarien**Abbildung 11: Reduktion des Einschlags auf Buchenflächen im Bundeswald im Vergleich zum BAU-Szenario**

Der durchschnittliche Deckungsbeitrag aus der Buchenholzernte im Bundeswald beträgt nach den Simulationsergebnissen über die 200-jährige Simulationszeit rund 4 Mio. €/Jahr. Ab der zweiten 20-Jahresperiode können nach den Modellierungsergebnissen auf den Buchen-Restflächen im Bundeswald Deckungsbeiträge zwischen 2,9 und 8,1 Mio. €/a im BAU (Mittelwert 3,4 Mio. €/a), zwischen 2,5 und 5,7 Mio. €/a im Szenario U160 (Mittelwert 3,2 Mio. €/a), zwischen 2,2 und 4,9 Mio. €/a im Szenario U140, zwischen 1,8 und 3,7 Mio. €/a (Mittelwert 2,6 Mio. €/a) im Szenario U120 erzielt werden.

Die Differenzen des Deckungsbeitrags im Vergleich zum BAU bewegen sich im Szenario U160 zwischen rund 2 Tsd. €/a und -2,4 Mio. €/a, was einer prozentualen Reduktion um 0-30% (Mittel: -12 %) entspricht. Die positiven Deckungsbeiträge in der zweiten 20-Jahres Periode sind überwiegend dadurch zu erklären, dass im BAU aufgrund der größeren nutzbaren Buchenholzflächen auch frühzeitig durch Ernte und Verjüngung ein höherer Anteil an Buchenjungbeständen mit geringer Stückmasse und negativen Deckungsbeiträgen entsteht als im Szenario U160. In den Szenarien U140 und U120 entstehen durch den Wegfall der Buchenholzflächen jedoch so große Deckungsbeitragsverluste im Vergleich zum BAU, dass dieser Effekt überspielt wird. Im Szenario U140 bewegen sich die Differenzen zwischen rund -27 Tsd. €/Jahr und -3,1 Mio. €/Jahr (Reduktion um 1-39 %, im Mittel -18 %) und im Szenario U120 zwischen rund -323 Tsd. €/Jahr und -4,3 Mio. €/Jahr (Reduktion um 16-52 %, im Mittel -31 %).

Die Entwicklung des Deckungsbeitrags in den Szenarien und die Reduktion des Deckungsbeitrags ist für den Bundeswald in Abbildung 11 dargestellt.

Abbildung 12: Entwicklung des Deckungsbeitrags auf Buchenflächen im Bundeswald in den Szenarien

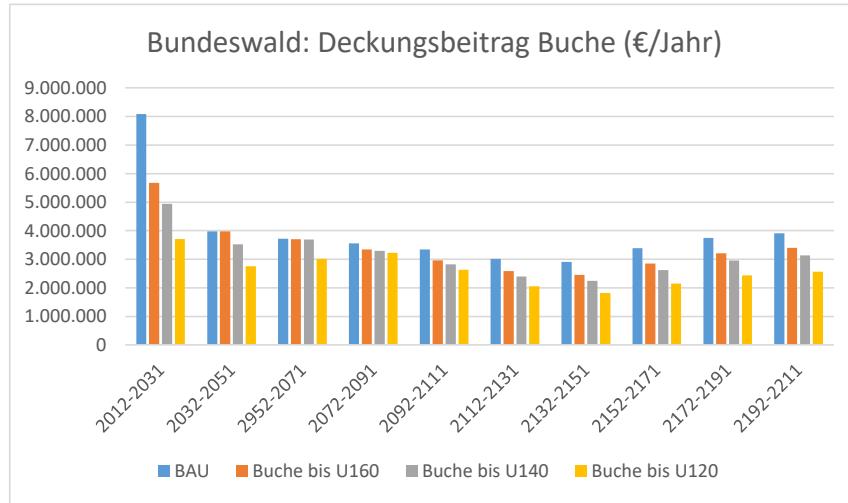
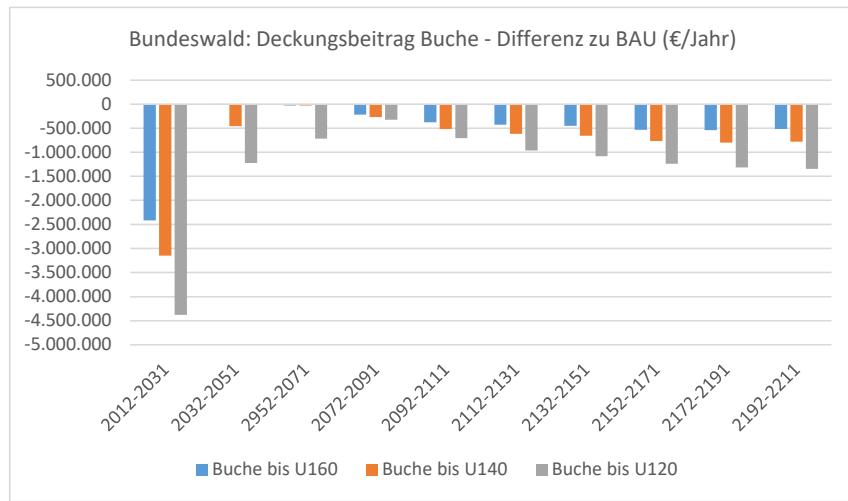


Abbildung 13: Reduktion des Deckungsbeitrags auf Buchenflächen im Bundeswald im Vergleich zum BAU-Szenario



Der **Landeswald** weist über die 200-jährige Simulationsperiode im BAU einen durchschnittlichen Einschlag von 3,9 Mio. Efm/Jahr auf. Die Einschlagshöhe bewegt sich im BAU zwischen 3,5 – 6,8 Mio. Efm/a, im Szenario U160 zwischen 3,1 – 5,1 Mio. Efm/a (Mittelwert 3,5 Mio. Efm/a), im Szenario U140 zwischen 2,7 – 4,0 Mio. Efm/a (Mittelwert 3,1 Mio. Efm/a) und im Szenario U120 zwischen 2,4 - 3,0 Mio. Efm/Jahr (Mittelwert 2,6 Mio. Efm/a). Die Differenzen des Einschlags im Vergleich zum BAU wurden für die Szenarien wie folgt berechnet:

- U160: Differenz zwischen rund -2.700 Efm/Jahr und -1,6 Mio. Efm/Jahr, dies entspricht prozentual einer Reduktion zwischen 0% und 5 % je Jahr, im Mittel um -10 %.
- U140: Differenz zwischen rund -146 Tsd. Efm/Jahr und -2,8 Mio. Efm/Jahr, dies entspricht prozentual einer Reduktion zwischen 4 % bis 41 % je Jahr, im Mittel um -21 %
- U120: Differenz zwischen rund -609 Tsd. Efm/Jahr und -3,8 Mio. Efm/Jahr, dies entspricht prozentual einer Reduktion zwischen 17 % bis 55 % je Jahr, im Mittel um -32 %

Die Entwicklung des Bucheneinschlags in den Szenarien und die Reduktion des Einschlags ist für den Landeswald in Abbildung 14 und Abbildung 15 dargestellt.

Abbildung 14: Entwicklung des Einschlags auf Buchenflächen im Landeswald in den Szenarien

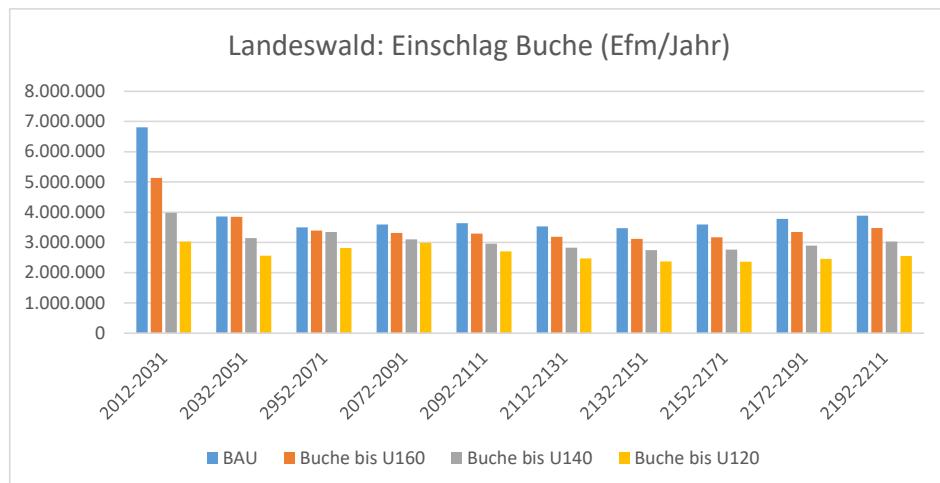
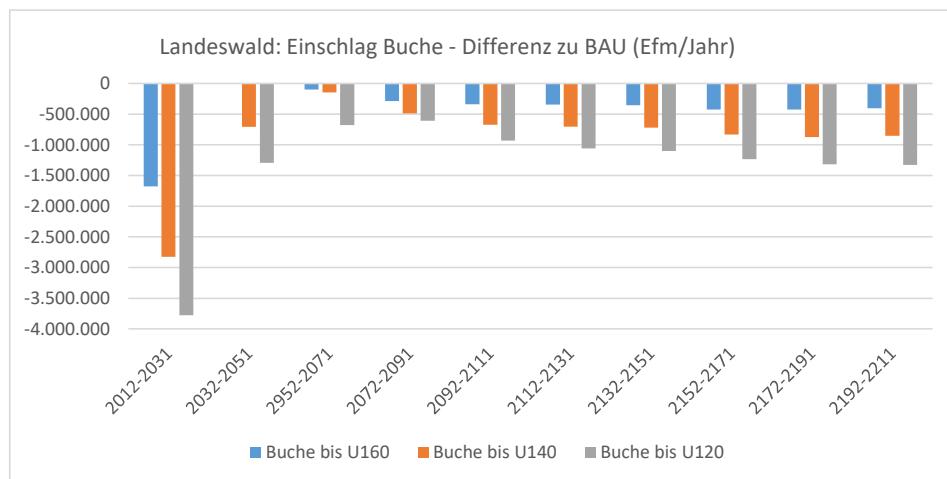


Abbildung 15: Reduktion des Einschlags auf Buchenflächen im Landeswald im Vergleich zum BAU-Szenario



Der durchschnittliche Deckungsbeitrag aus der Buchenholzernte im Landeswald beträgt nach den Simulationsergebnissen über die 200-jährige Simulationszeit rund 109 Mio. €/Jahr. Nach den Modellierungsergebnissen können auf den Buchenwald-Restflächen im Landeswald Deckungsbeiträge zwischen 91 und 207 Mio. €/Jahr im BAU, zwischen 81 und 153 Mio. €/Jahr (Mittelwert 97 Mio. €/a) im Szenario U160, zwischen 71 und 116 Mio. €/Jahr (Mittelwert 84 Mio. €/a) im Szenario U140, zwischen 60 und 87 Mio. €/Jahr (Mittelwert 72 Mio. €/a) im Szenario U120 erzielt werden.

Die Differenzen des Deckungsbeitrags im Vergleich zum BAU bewegen sich im Szenario U160 zwischen rund +52 Tsd. €/Jahr und -54 Mio. €/Jahr, was einer prozentualen Reduktion um 0-26% (Mittel: -10 %) entspricht. Im Szenario U140 bewegen sich die Differenzen zwischen rund 707 Tsd. €/Jahr und -90 Mio. €/Jahr (Reduktion um 1-44 %, im Mittel -20 %) und im Szenario U120 zwischen rund -8,7 Mio. €/Jahr und -120 Mio. €/Jahr (Reduktion um 9-58 %, im Mittel -31 %).

Die Entwicklung des Deckungsbeitrags in den Szenarien und die Reduktion des Deckungsbeitrags ist für den Landeswald in Abbildung 16 und Abbildung 17 dargestellt.

Abbildung 16: Entwicklung des Deckungsbeitrags auf Buchenflächen im Landeswald in den Szenarien

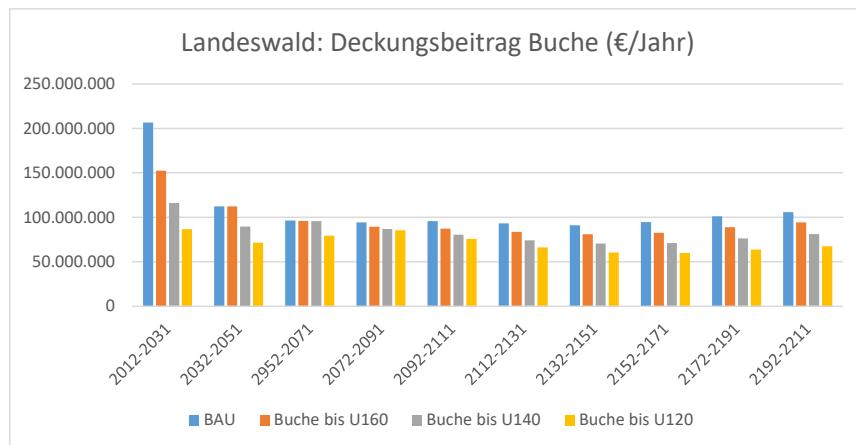
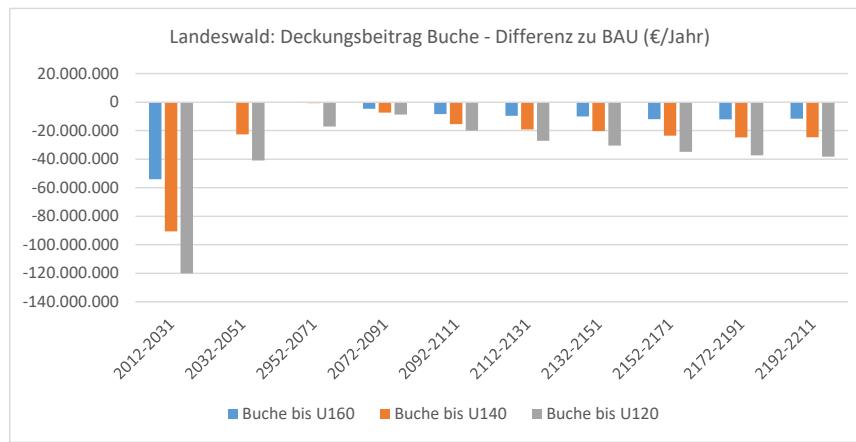


Abbildung 17: Reduktion des Einschlags auf Buchenflächen im Landeswald im Vergleich zum BAU-Szenario



Der **Kommunalwald** weist über die 200-jährige Simulationsperiode im BAU einen durchschnittlichen Einschlag von 2,9 Mio. Efm/Jahr auf. Die Einschlagshöhe im BAU bewegt sich zwischen 2,5 - 4,9 Mio. Efm/Jahr, im Szenario U160 zwischen 2,3 – 3,9 Mio. Efm/Jahr (Mittelwert 2,6 Mio. Efm/a), im Szenario U140 zwischen 2,0 – 3,1 Mio. Efm/Jahr (Mittelwert 2,3 Mio. Efm/a) und im Szenario U120 zwischen 1,7 – 2,3 Mio. Efm/Jahr (Mittelwert 1,9 Mio. Efm/a). Die Differenzen des Einschlags im Vergleich zum BAU wurden für die Szenarien wie folgt berechnet:

- U160: Differenz zwischen rund -1600 Efm/Jahr und -1, 0 Mio. Efm/Jahr, dies entspricht prozentual einer Reduktion zwischen 0% und 22% je Jahr, im Mittel um -8 %.
- U140: Differenz zwischen rund -95 Tsd. Efm/Jahr und -1,8 Mio. Efm/Jahr, dies entspricht prozentual einer Reduktion zwischen 4 % bis 40 % je Jahr, im Mittel um -19 %
- U120: Differenz zwischen rund -428 Tsd. Efm/Jahr und -2,7 Mio. Efm/Jahr, dies entspricht prozentual einer Reduktion zwischen 16 % bis 45 % je Jahr, im Mittel um -32 %

Die Entwicklung des Bucheneinschlags in den Szenarien und die Reduktion des Einschlags ist für den Kommunalwald in Abbildung 18 und Abbildung 19 dargestellt.

Abbildung 18: Entwicklung des Einschlags auf Buchenflächen im Kommunalwald in den Szenarien

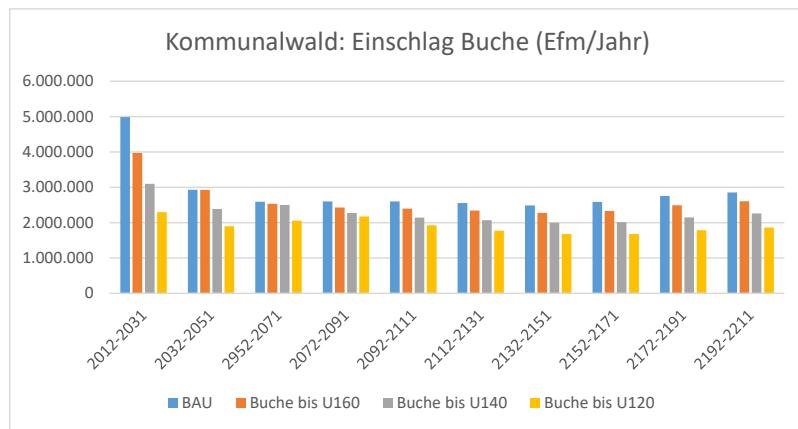
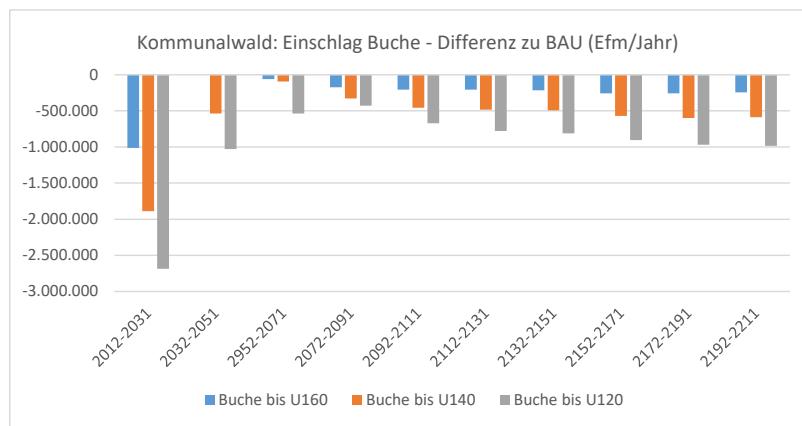


Abbildung 19: Reduktion des Einschlags auf Buchenflächen im Kommunalwald im Vergleich zum BAU-Szenario



Der durchschnittliche Deckungsbeitrag aus der Buchenholzernte im Kommunalwald beträgt nach den Simulationsergebnissen über die 200-jährige Simulationszeit rund 85,3 Mio. €/Jahr. Nach den Modellierungsergebnissen können auf den Buchen-Restflächen im Kommunalwald Deckungsbeiträge zwischen 69,7 und 160,7 Mio. €/Jahr im BAU, zwischen 63 und 126 Mio. €/Jahr im Szenario U160 (Mittelwert 77 Mio. €/a), zwischen 55 und 97 Mio.

€/Jahr im Szenario U140 (Mittelwert 67 Mio. €/a), zwischen 46 und 70 Mio. €/Jahr im Szenario U120 (Mittelwert 56 Mio. €/a) erzielt werden.

Die Differenzen des Deckungsbeitrags im Vergleich zum BAU bewegen sich im Szenario U160 zwischen rund +30 Tsd. €/Jahr und -34,6 Mio. €/Jahr, was einer prozentualen Reduktion um 0-22% (Mittel: -8 %) entspricht. Im Szenario U140 bewegen sich die Differenzen zwischen rund -640 Tsd. €/Jahr und -64,1 Mio. €/Jahr (Reduktion um 1-40 %, im Mittel -19 %) und im Szenario U120 zwischen rund -6,8 Mio. €/Jahr und -90,2 Mio. €/Jahr (Reduktion um 9-56 %, im Mittel -32 %).

Die Entwicklung des Deckungsbeitrags in den Szenarien und die Reduktion des Deckungsbeitrags ist für den Kommunalwald in Abbildung 20 und Abbildung 21 dargestellt.

Abbildung 20: Entwicklung des Deckungsbeitrags auf Buchenflächen im Kommunalwald in den Szenarien

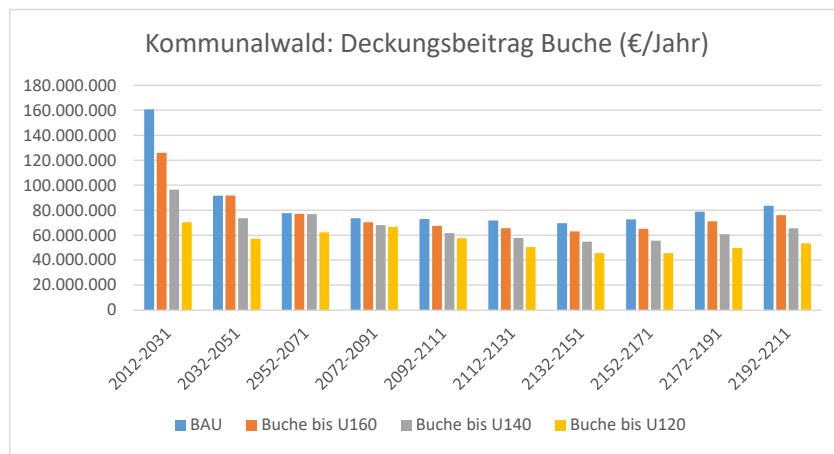
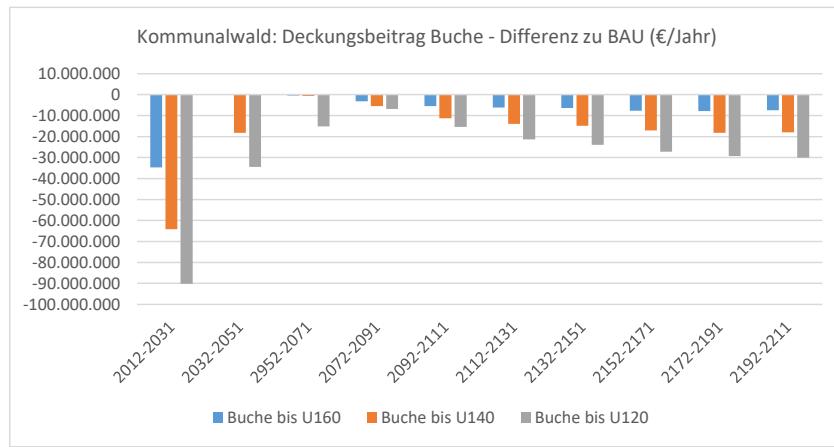


Abbildung 21: Reduktion des Deckungsbeitrags auf Buchenflächen im Kommunalwald im Vergleich zum BAU-Szenario



Der **Privatwald** weist über die 200-jährige Simulationsperiode im BAU einen durchschnittlichen Einschlag von 3,7 Mio. Efm/Jahr auf. Die Einschlagshöhe bewegt sich im BAU zwischen 3,1 – 6,5 Mio. Efm/Jahr, im Szenario U160 zwischen 2,9 – 5,3 Mio. Efm/Jahr (Mittelwert 3,4 Mio. Efm/a), im Szenario U140 zwischen 2,5 – 4,1 Mio. Efm/Jahr (Mittelwert 2,9 Mio. Efm/a) und im Szenario U120 zwischen 2,0 – 2,9 Mio. Efm/Jahr (Mittelwert 2,4 Mio. Efm/a). Die Differenzen des Einschlags im Vergleich zum BAU wurden für die Szenarien wie folgt berechnet:

- U160: Differenz zwischen rund -1800 Efm/Jahr und -1,2 Mio. Efm/Jahr, dies entspricht prozentual einer Reduktion zwischen 0% und 18% je Jahr, im Mittel um -9 %.
- U140: Differenz zwischen rund -120 Tsd. Efm/Jahr und -2,4 Mio. Efm/Jahr, dies entspricht prozentual einer Reduktion zwischen 4 % bis 37 % je Jahr, im Mittel um -20 %
- U120: Differenz zwischen rund -572 Tsd. Efm/Jahr und -3,6 Mio. Efm/Jahr, dies entspricht prozentual einer Reduktion zwischen 17 % bis 56 % je Jahr, im Mittel um -34 %

Die Entwicklung des Bucheneinschlags in den Szenarien und die Reduktion des Einschlags ist für den Kommunalwald in Abbildung 22 und Abbildung 23 dargestellt.

Abbildung 22: Entwicklung des Einschlags auf Buchenflächen im Privatwald in den Szenarien

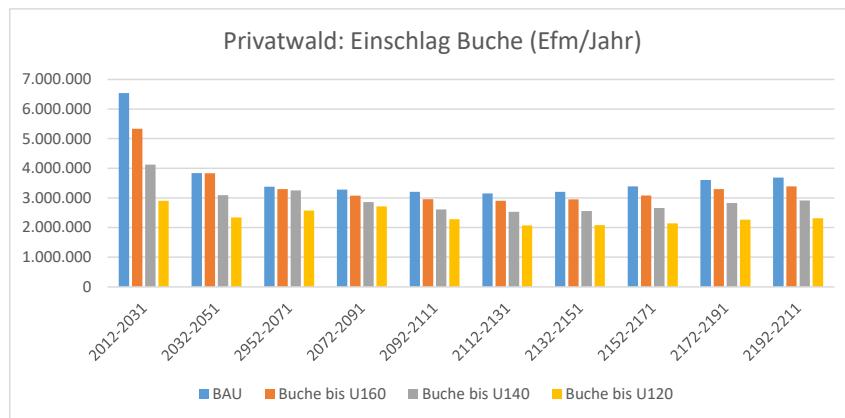
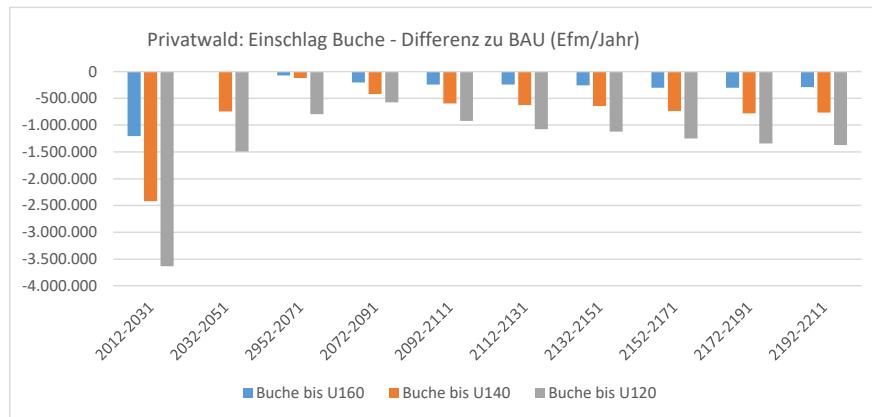


Abbildung 23: Reduktion des Einschlags auf Buchenflächen im Privatwald im Vergleich zum BAU-Szenario



Der durchschnittliche Deckungsbeitrag aus der Buchenholzernte im Privatwald beträgt nach den Simulationsergebnissen über die 200-jährige Simulationszeit rund 131 Mio. €/Jahr. Nach den Modellierungsergebnissen können auf den Buchen-Restflächen im Privatwald Deckungsbeiträge zwischen 105 und 248 Mio. €/Jahr im BAU, zwischen 96 und 200 Mio. €/Jahr im Szenario U160 (Mittelwert 120 Mio. €/a), zwischen 83 und 152 Mio. €/Jahr im Szenario U140 (Mittelwert 102 Mio. €/a), zwischen 68 und 106 Mio. €/Jahr im Szenario U120 (Mittelwert 83 €/a) erzielt werden.

Die Differenzen des Deckungsbeitrags im Vergleich zum BAU bewegen sich im Szenario U160 zwischen rund +26 Tsd. €/Jahr und -47 Mio. €/Jahr, was einer prozentualen Reduktion um 0-19% (Mittel: -8%) entspricht. Im Szenario U140 bewegen sich die Differenzen zwischen rund -1,5 Mio. €/Jahr und -95 Mio. €/Jahr (Reduktion um 1-38%, im Mittel -19%) und im Szenario U120 zwischen rund -12,3 Mio. €/Jahr und -142 Mio. €/Jahr (Reduktion um 11-57%, im Mittel -34%).

Die Entwicklung des Deckungsbeitrags in den Szenarien und die Reduktion des Deckungsbeitrags ist für den Privatwald in Abbildung 24 und Abbildung 25 dargestellt.

Abbildung 24: Entwicklung des Deckungsbeitrags auf Buchenflächen im Privatwald in den Szenarien

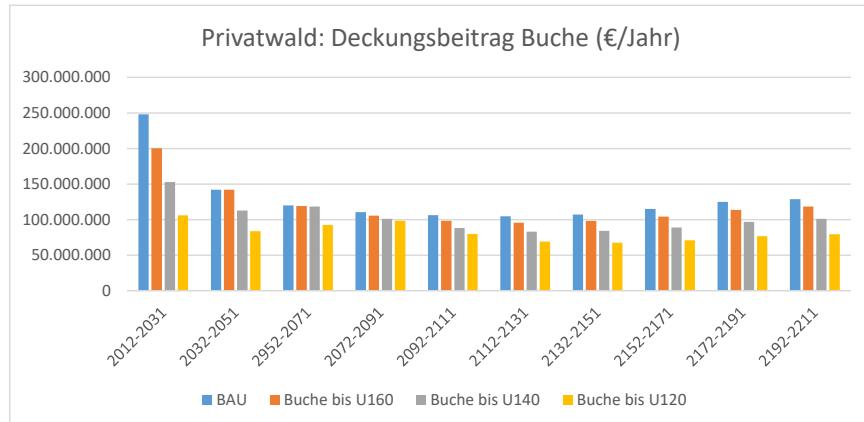
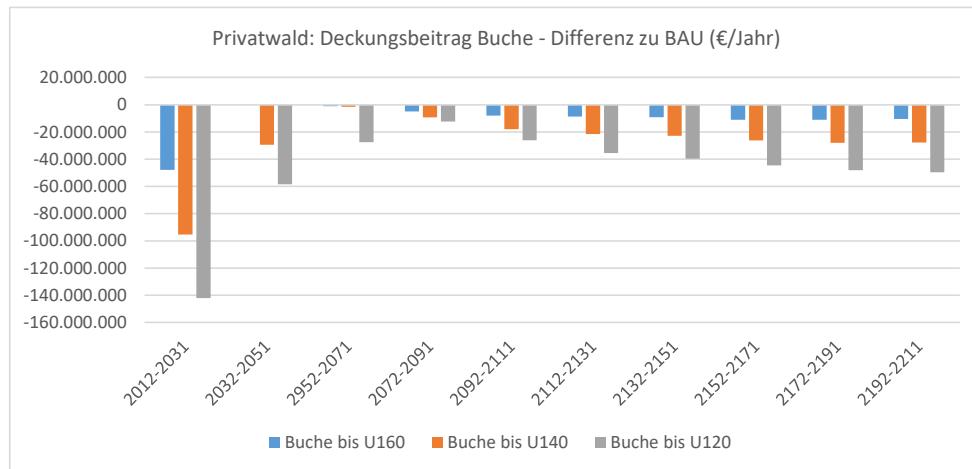


Abbildung 25: Reduktion des Deckungsbeitrags auf Buchenflächen im Privatwald im Vergleich zum BAU-Szenario



Abschließend werden noch einmal die Entwicklung der Deckungsbeiträge und die Differenzen zum BAU für den gesamten Wald der öffentlichen Hand in Tabelle 12 und 13 dargestellt.

Tabelle 12: Entwicklung der Deckungsbeiträge über die 200-jährige Simulationszeit in Betrieben der öffentlichen Hand

DB öff.Wald (Mio. €/a)	2012- 2031	2032- 2051	2952- 2071	2072- 2091	2092- 2111	2112- 2131	2132- 2151	2152- 2171	2172- 2191	2192- 2211
BAU	375,4	208,0	177,7	171,3	172,0	168,0	163,5	170,6	183,7	193,2
Buche bis U160	284,2	208,0	176,7	163,1	157,7	151,9	146,5	150,4	163,3	173,6
Buche bis U140	217,6	166,7	176,3	158,1	144,8	134,4	127,7	129,3	139,9	149,8
Buche bis U120	160,8	131,3	144,7	155,4	136,0	118,6	108,0	107,4	115,8	123,6

Tabelle 13: Reduktion der Deckungsbeiträge im Vergleich zum BAU in Forstbetrieben der öffentlichen Hand

DB (Mio. €/a)	2012- 2031	2032- 2051	2952- 2071	2072- 2091	2092- 2111	2112- 2131	2132- 2151	2152- 2171	2172- 2191	2192- 2211
Buche bis U160	-91,2	0,1	-1,0	-8,2	-14,3	-16,1	-16,9	-20,2	-20,4	-19,5
Buche bis U140	-157,8	-41,3	-1,4	-13,2	-27,1	-33,6	-35,8	-41,3	-43,8	-43,4
Buche bis U120	-214,6	-76,6	-33,1	-15,9	-36,0	-49,4	-55,5	-63,2	-67,8	-69,5

Orthofotobilder von alten, naturnahen Buchenwäldern

Abbildung 26: Gut arrondierter alter, naturnaher Buchenbestand in Auflösung

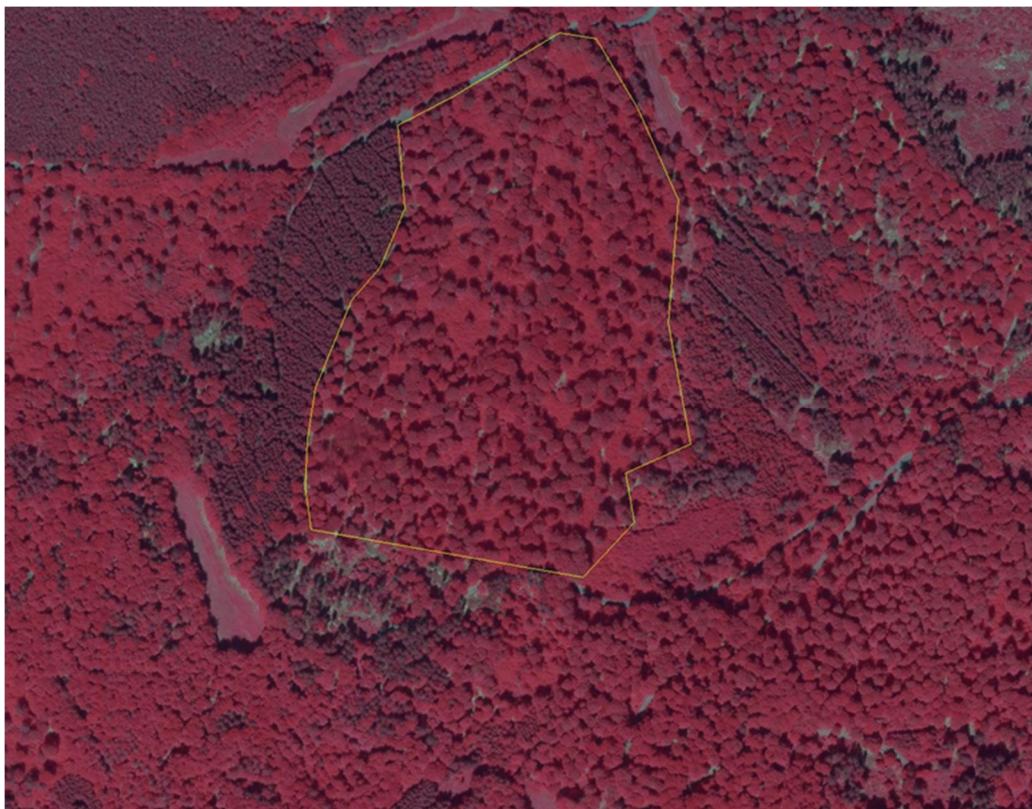


Abbildung 27: Alter, naturnaher Buchenbestand durch zwischenzeitliche Nutzung nicht mehr vorhanden

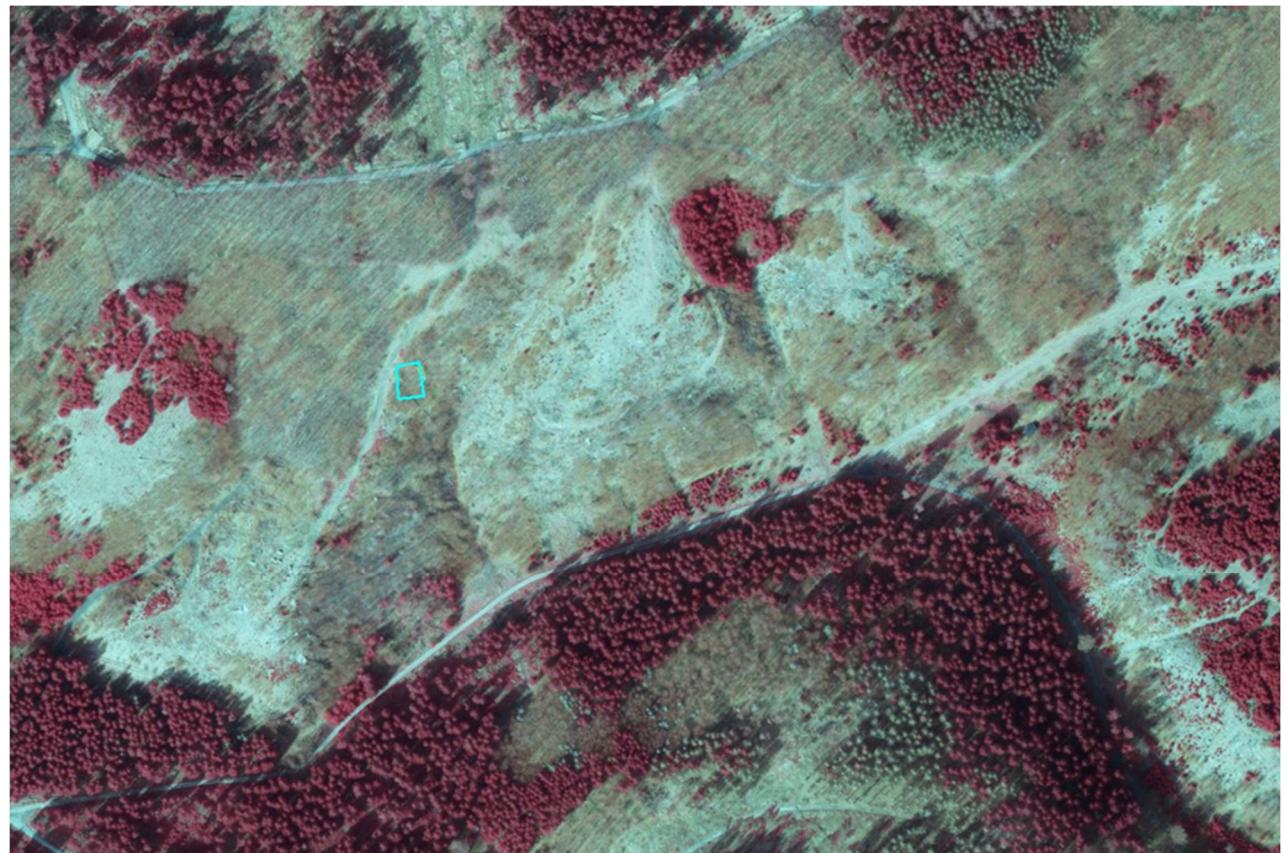


Abbildung 28: Alter naturnaher Buchenbestand in Siedlungsnahe



Abbildung 29: Längliche Bestandesausdehnung eines alten, naturnahen Buchenwaldes

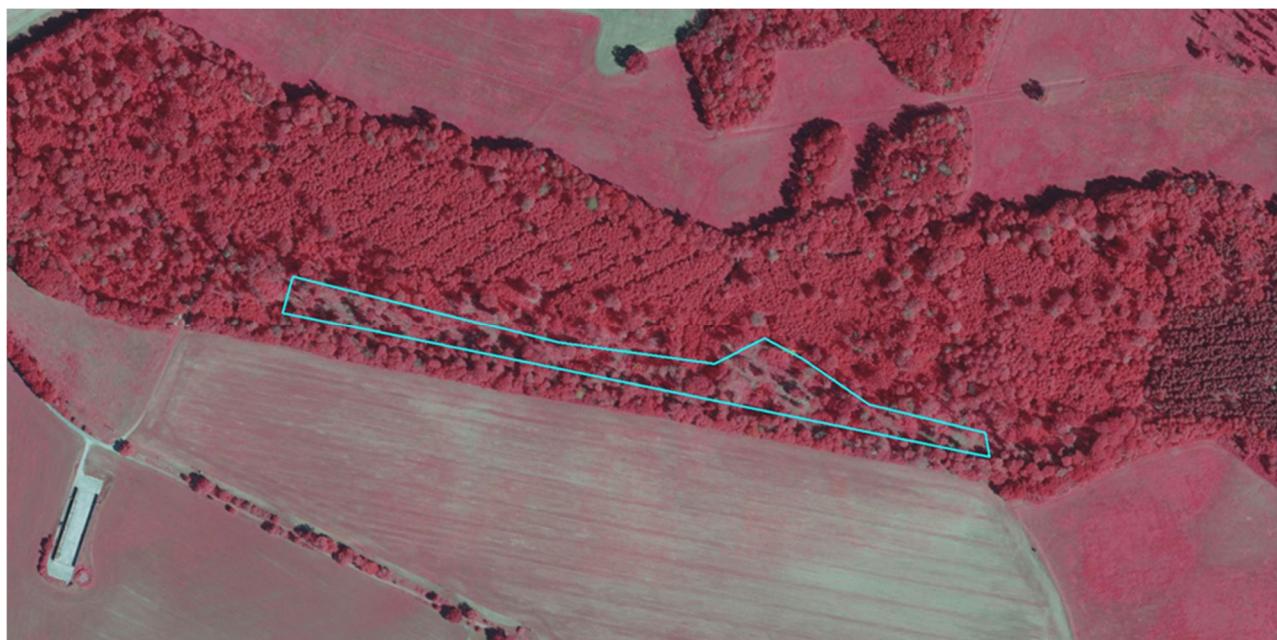


Abbildung 30: Alter, naturnaher Buchenbestand am Waldrand



Abbildung 31: Alter, naturnaher Buchenbestand im Wald

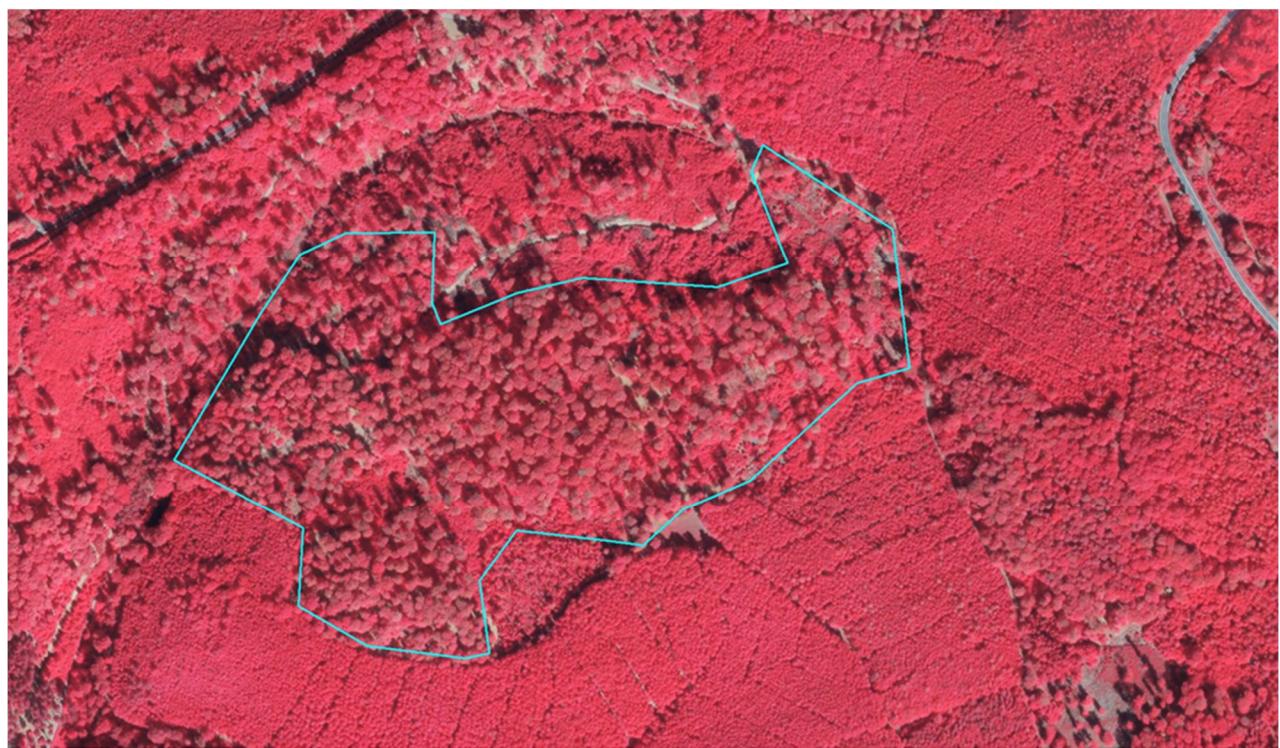


Abbildung 32: Arrondierter alter, naturnaher Buchenbestand in der Zerfallsphase



Abbildung 33: Schlecht arrondierter, alter, naturnaher Buchenbestand in der Zerfallsphase

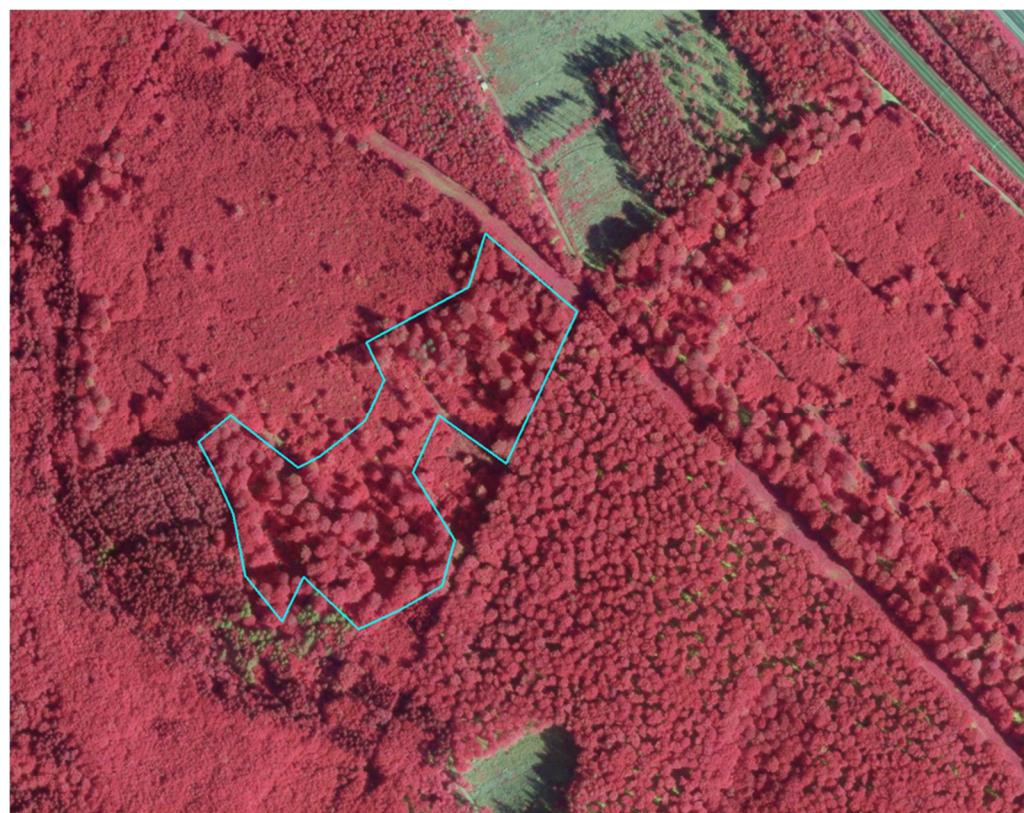


Abbildung 34: Schwierige Ansprache der Fläche eines alten, naturnahen Buchenbestands im unbelaubten Zustand



Bibliografische Information:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikationen in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter www.dnb.de abrufbar.

Bibliographic information:

The Deutsche Nationalbibliothek (German National Library) lists this publication in the German National Bibliographie; detailed bibliographic data is available on the Internet at www.dnb.de

Bereits in dieser Reihe erschienene Bände finden Sie im Internet unter www.thuenen.de

Volumes already published in this series are available on the Internet at www.thuenen.de

Zitationsvorschlag – *Suggested source citation:*

Bolte A, Kroher F, Rock J, Dieter M, Bösch M, Elsasser P, Franz K, Regelmann C, Rosenkranz L, Seintsch B (2022) Einschlagstopp in alten, naturnahen Buchenwäldern im öffentlichen Besitz: Definition, Vorkommen, Inventur-Kennzahlen, Gefährdung und ökonomische Bewertung. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 48p, Thünen Working Paper 197, DOI:10.3220/WP1657531523000

Die Verantwortung für die Inhalte liegt bei den jeweiligen Verfassern bzw. Verfasserinnen.

The respective authors are responsible for the content of their publications.



Thünen Working Paper 197

Herausgeber/Redaktionsanschrift – *Editor/address*

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Germany

thuenen-working-paper@thuenen.de
www.thuenen.de

DOI:10.3220/WP1657531523000
urn:nbn:de:gbv:253-202207-dn065056-6