

Das mittelfristige Buchenholzaufkommen in Niedersachsen und Deutschland

Medium-term predictions of beech timber stocks in
Lower Saxony and Germany

Jan Hansen, Jürgen Nagel, Matthias Schmidt und Hermann Spellmann

Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund der steigenden Holz Nachfrage werden zur Entwicklung von wettbewerbsfähigen, nachhaltigen waldbaulichen Nutzungsstrategien zuverlässige Informationen über das künftige Holzaufkommen der in Deutschland wichtigsten Laubbaumart Buche benötigt. Die Bundeswaldinventur (BWI) erlaubt Aussagen auch für nachgeordnete Befundeinheiten (Bundesländer, Regionen etc.) und stellt für Holzaufkommensprognosen eine ideale Datenbasis dar. Im Rahmen dieses Beitrages werden, basierend auf der zweiten Bundeswaldinventur (BWI 2), für die Buche der Status-Quo (2002) und Szenariorechnungen zum Holzaufkommen bis 2022 für Niedersachsen und Gesamtdeutschland vorgestellt. Die Ergebnisse werden dem Basisszenario der Holzaufkommensmodellierung HAM (BMVEL 2004) gegenübergestellt. Die betrachteten Szenarien weisen ein durchschnittliches Nutzungspotenzial bei der Buche zwischen 14 Mio. und 20 Mio. Efm a⁻¹ für Deutschland aus, welches deutlich über dem Holzeinschlag von 2006 (10 Mio. Efm a⁻¹) liegt. Dabei führen die Szenarien teilweise zu einem Buchen-

Vorratsaufbau. Für Niedersachsen ergibt sich ein ähnliches Bild, wobei hier Potenziale zwischen 1,5 Mio. und 2 Mio. Efm a⁻¹ erzielt werden.

Die beobachteten Zuwächse im Zeitraum zwischen BWI 1 und BWI 2 werden zur Beurteilung der räumlichen Gültigkeit einer für denselben Zeitraum durchgeführten Prognose herangezogen. Dabei wurden für die Buche sowohl der Effekt der geographischen Lage als auch der Seehöhe als signifikant identifiziert. Dieses Ergebnis bildet die Grundlage für eine Modellkalibrierung zur Erhöhung der Wachstumsmodellgenauigkeit und somit zur Verbesserung von Holzaufkommensprognosen.

Stichworte: Buche, Holzaufkommensprognose, Bundeswaldinventur, Zuwachs, Nutzung, Vorrat

Abstract

Given the increasing demand for wood, reliable information about future stocks of timber for beech, the most important broadleaved tree species in Germany, is needed to develop competitive, sustainable silvicultural management strategies. The national forest inventory (BWI) provides an ideal database for the prediction of future timber stocks at different levels (national, state, regional, etc.). Based on the second national forest inventory (BWI 2), this paper presents the status quo (2002) and scenario calculations for beech timber stock up to 2022 for Lower Saxony and Germany. The results then are compared to the base scenario from the timber stock prediction model HAM (BMVEL 2004). The scenarios considered predict an average utilisation potential for beech between 14 Mio. and 20 Mio. m³ a⁻¹ for Germany, which is well above the wood volume harvested in 2006 (10 Mio. m³ a⁻¹). These scenarios predict in part an increase in beech growing stock. A similar situation was found for Lower Saxony, whereby here a utilisation potential of between 1.5 Mio. and 2 Mio. m³ a⁻¹ is targeted.

The growth observed in the period between BWI 1 and BWI 2 was used to assess the spatial validity of a prognosis conducted for the same period. Both the effect of geographical location and elevation were found to be significant for beech. This outcome was used then to calibrate the growth model to increase its accuracy, and hence improve the timber stock prognoses.

Keywords: beech, timber stock prediction, national forest inventory, growth, utilisation, growing stock

1 Einführung

Die Globalisierung der Rohstoff- und Warenmärkte und die Verknappung fossiler Rohstoffe haben in Deutschland zu einer steigenden Holznachfrage und einer zunehmenden Konkurrenz zwischen stofflicher und energetischer Holznutzung geführt. Zur Entwicklung von Nutzungsstrategien, die die Grundsätze der Nachhaltigkeit wahren, die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Forst- und Holzwirtschaft sichern, Investitionen lenken und die Entwicklung der ländlichen Räume stärken, werden zuverlässige Informationen über das künftige Holzaufkommen benötigt. Dies gilt in besonderem Maße auch für die wichtigste Laubbaumart in Deutschland, die Buche.

Buchenwälder bedecken in Deutschland rund 15 % der Waldfläche. Nach den Ergebnissen der zweiten Bundeswaldinventur (BWI 2) betrug der Vorrat der Buche zum Stichtag 01.10.2002 ca. 583 Mio. m³, was einem Anteil von ca. 17 % am Gesamtvorrat (3,38 Mrd. m³) entspricht (BMVEL 2004). Der Buchenholzeinschlag erreichte im Jahr 2006 ca. 10 Mio. m³ o. R. bzw. ca. 16 % des gesamten deutschen Holzeinschlages (ZMP 2007). Drei Viertel des Buchen-Einschlages bzw. 7,4 Mio. m³ o. R. wurden als Industrieholz inkl. Brennholz verkauft.

Die Bundeswaldinventur erlaubt Aussagen auch für nachgeordnete Befundeinheiten (Bundesländer, Regionen, thematische Einheiten), deren Genauigkeit allerdings mit abnehmender Stichprobenzahl sinkt. Für Niedersachsen wird der Stichprobenfehler des mittleren Buchenvorrates (~ 54 Mio. m³) mit $\pm 7,8\%$ und für die Buchenfläche (~ 149.000 ha) mit $\pm 7,3\%$ angegeben (BMVEL 2004). Der Fehler des Vorrates getrennt nach 10 cm breiten Durchmesserstufen beträgt im Brusthöhendurchmesser-Bereich von 10 bis 70 cm zwischen $\pm 10\%$ und $\pm 12,5\%$. Somit können für die Buche in Niedersachsen Hochrechnungen, die den Vorrat und die Fläche betreffen, auch bei weiterer Differenzierung nach Durchmesserstufen [10 cm] und Altersklassen [20 Jahre] aus statistischer Sicht als aussagekräftig beurteilt werden. Allerdings sind dabei die Interpretationsmöglichkeiten an den Rändern der Durchmesserstufen- und Altersklassenverteilung eingeschränkt.

Für Holzaufkommensprognosen stellen derartige Großrauminventuren eine hervorragende Datenbasis dar. Ihr großer Vorteil gegenüber den Informationen der klassischen Forsteinrichtung besteht darin, dass repräsentativ erfasste dendrometrische Größen wie der Brusthöhendurchmesser (BHD) und die Baumhöhe als Startwerte für Simulationen für große Gebiete zu einem Stichtag zur Verfügung stehen (POLLEY et al. 1996, KÄNDLER et al. 2005, LWF 2005). Für regionale Prognosen, vor allem im Bereich der mittelfristigen Forstplanung, können auch Betriebsinventuren verwendet werden (PRETZSCH et al. 1998, ĎUSKÝ 2000, SCHMIDT et al. 2005). Der Einsatz von Waldwachstumssimulatoren zur Durchführung von Holzaufkommensprognosen hat in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen (BÖSCH 1995, STERBA 1996, POLLEY et al. 1996, SODTKE 2003, KÄNDLER et al. 2005, LWF 2005). Sie sind mittlerweile als optimale Werk-

zeuge für waldbauliche Simulationen anerkannt. Zu ihren Vorteilen zählt, dass hoch aufgelöste Einzelbauminformationen genutzt werden können, ohne dass Informationen durch eine Aggregation zu Bestandeswerten verloren gehen (PRETZSCH 2001). Außerdem werden die Wachstumssimulatoren in regelmäßigen Abständen unter Einbeziehung aktuell erhobener Versuchsflächendaten reparametrisiert, wodurch sich ändernde Umwelt- bzw. Standortbedingungen in den Wachstums- und Mortalitätsmodellen Berücksichtigung finden.

Im Rahmen dieses Beitrages werden Holzaufkommensprognosen bis zum Jahre 2022 für die Baumart Buche für Niedersachsen und Gesamtdeutschland vorgestellt, die ausgehend von den Ergebnissen der BWI 2 im Jahre 2002 an der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt berechnet wurden und die Vergleichsmöglichkeiten zum Basisszenario der Holzaufkommensmodellierung (HAM) des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMVEL 2004) bieten. Die Holzaufkommensprognosen umfassen sowohl eine differenzierte Abschätzung der zukünftigen Vorräte als auch der periodisch möglichen Nutzungspotenziale. Darüber hinaus werden Wege einer Berücksichtigung regionaler Wachstumsunterschiede bei künftigen Holzaufkommensprognosen skizziert.

2 Methodik der Szenariosimulation

Die Holzaufkommensprognosen wurden mit Hilfe des für Nordwestdeutschland gültigen Wachstumssimulators *BWINPro* bzw. des auf seiner Basis entwickelten Entscheidungsunterstützungssystems *WaldPlaner* (HANSEN 2006, ALBERT u. HANSEN 2007) simuliert. Der Wachstumssimulator wurde an der ehemaligen Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt entwickelt (NAGEL 1996, 1999, NAGEL et al. 2002, NAGEL et al. 2006). Der biometrische Modellansatz ist ein statistisches, positionsunabhängiges Einzelbaumwachstumsmodell. Das baumartenspezifische Wachstum bzw. die Veränderung von BHD, Höhe, Kronenansatz und Kronenbreite über der Zeit wird als Funktion des Alters, der Kronenmantelfläche sowie des Kronenkonkurrenzfaktors C_{66} und dessen Veränderung aufgrund von Eingriffen beschrieben. Mit diesem Ansatz lassen sich Zuwachsreaktionen als Folge von waldbaulichen Eingriffen (Freistellungseffekt) abbilden. Die auf der Dimension der Baumkrone basierenden unabhängigen Variablen werden über einfache Funktionen aus dem BHD und der Höhe zum Beginn der Simulation geschätzt. Der Vorteil kronenbasierter Konkurrenzindizes besteht darin, dass sich mit ihnen zumindest teilweise die unterschiedliche Konkurrenzkraft der Baumarten berücksichtigen lässt. In einer Untersuchung von BIGING u. DOBBERTIN (1992) haben sie sich gegenüber durchmesserbasierten Indizes als überlegen erwiesen.

Der Waldwachstumssimulator wurde in den letzten Jahren mehrmals reparametrisiert und mit zusätzlichen Funktionen, u. a. einem Sortierungsmodul, versehen (ALBERT 2000, NAGEL et al. 2002). Auf der Grundlage von Schaftform-

modellen (SCHMIDT 2001) kann der Effekt unterschiedlicher Aushaltungsvarianten auf die Stärkeklassenverteilung für beliebige regionale Einheiten (Bestand, Betrieb, Bundesland) simuliert werden. Die Stärkeklassenverteilungen können für ökonomische Analysen mit Preisen hinterlegt werden und ermöglichen so eine Abschätzung der Wertleistung (SPELLMANN u. SCHMIDT 2003). Neben diesen und anderen Routinen verfügt der Simulator auch über eine Durchforstungs- und Nutzungsroutine, mit der waldbauliche Zielvorgaben unter Berücksichtigung von Beschränkungen automatisiert und regelbasiert umgesetzt werden können (SPELLMANN et al. 1999, ALBERT u. GUERICKE 2003, DUDA 2006). Der Simulator wird von der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt über das Internet bereitgestellt und steht privaten und öffentlichen Forstbetrieben zur Verfügung. Für die hier vorgestellten Auswertungen des Waldzustandes 2002 und der Holzaufkommensprognosen wurde das Entscheidungsunterstützungssystem *WaldPlaner* verwendet, das die Funktionalitäten des Wachstumssimulators mit der Möglichkeit zur Stapelverarbeitung sowie zusätzlichen GIS- und Analyse-Funktionalitäten kombiniert. Nur über das automatisierte Einlesen, Aufbereiten und Fortschreiben einer Vielzahl von Stichprobenpunkten sind Holzaufkommensprognosen auf der Grundlage der Bundeswaldinventur überhaupt möglich. Der *WaldPlaner* unterstützt verschiedene Datenbanksysteme und kann Daten unterschiedlicher Inventurverfahren (z. B. Winkelzählprobe, konzentrische Probekreise) verarbeiten.

Die Justierung der Waldbehandlungsroutinen über Steuergrößen wie die Zielstärke erlaubt es, den Einfluss waldbaulicher Strategien auf das Holzaufkommen abzubilden. Über die Berücksichtigung von Freistellungseffekten erfolgt dabei auch eine Rückkopplung auf das Wachstum. Einen größeren Einfluss auf das Holzaufkommen haben allerdings die gewählten Ausprägungen der Steuergrößen, die die unterschiedlichen waldbaulichen Szenarien charakterisieren. Für die Holzaufkommensprognose dieser Studie wurden die zwei Szenarien „naturnaher Waldbau“ und „ertragsorientierter Waldbau“ gewählt, die durch die in Tabelle 1 aufgeführten Steuergrößen definiert sind.

Das Szenario „naturnaher Waldbau“ orientiert sich an dem für den niedersächsischen Landeswald entwickelten Konzept der Langfristigen Ökologischen Waldentwicklung (LÖWE – NIEDERSÄCHSISCHE LANDESFORSTVERWALTUNG 1991). Es fördert durch die Vorgaben der Steuerungsgrößen Schutz seltener Baumarten, Habitatbaumauswahl und Totholzmanagement die biologische Diversität stärker als die Variante „ertragsorientierter Waldbau“, die lediglich ein Totholzmanagement vorsieht. Das Szenario „ertragsorientierter Waldbau“ unterstellt bei den Zielstärken der Baumarten gegenüber dem „naturnahen Waldbau“ jeweils um 5 cm geringere Werte. Eine detaillierte Beschreibung des verwendeten Systems zur modellhaften Umsetzung waldbaulicher Szenarien findet sich bei DUDA (2006).

Tabelle 1: Szenariorahmenwerte

Steuergrößen	naturnah	ertragsorientiert
Schutz seltener Baumarten	ja	nein
Habitatbäume (n ha ⁻¹)	3	0
Totholz (m ³ ha ⁻¹)	20	bis 10
Zielstärke (cm)	Ei 70, Bu 60 Fi 45, Ki 45	jeweils 5 cm geringer
Endnutzungsmasse pro Hieb (m ³ ha ⁻¹ 5a ⁻¹)	Min. 10 - 15 Max. 70 - 115	Min. 10 -15 Max. 70 – 115
Durchforstungsbeginn Bestandesoberhöhe (m)	10 -16	12 - 18
Durchforstungsmasse pro Hieb (m ³ ha ⁻¹ 5a ⁻¹)	25 - 100	25 - 110
Freistellungsgrad der Z-Bäume (nach DUDA 2006)	stark	sehr stark

Bei der Sortimentierung, d. h. der rechnerischen Zerlegung der modellhaft genutzten Buchenstämme in einzelne Sortimente wurde sowohl lang als auch in Abschnitten ausgehalten. Ein einzelner Stamm kann somit ausschließlich in Langholz, in Abschnitte oder in eine Kombination aus beiden Sorten aufgeteilt werden. Für das Langholz (mind. 5 Meter lang) betrug der Mindestzopfdurchmesser 21 cm und der Mindestmittendurchmesser 25 cm. Für die Abschnitte wurden ein Mindestzopf von 12 cm und eine Fixlänge von 3 m festgelegt. Die unterstellte Stockhöhe betrug 30 cm.

Den Szenarien „naturnaher Waldbau“ und „ertragsorientierter Waldbau“ werden Ergebnisse des Basisszenarios der Holzaufkommensmodellierung (HAM) des BMELV¹ gegenübergestellt. Das Basisszenario schätzt das potenziell nutzbare Rohholzaufkommen mit einer als konstant unterstellten, bundeslandspezifischen Waldbehandlung für einen 40-jährigen Zeitraum, wobei hier die Resultate der ersten 20 Jahre verwendet werden. Die wesentlichen Steuergrößen des zugehörigen Nutzungsmodells sind Tabelle 2 zu entnehmen. Die wichtigsten Steuerparameter sind länder- und baumartenspezifische Definitionen der Durchforstungsart, Durchforstungsintensität (Turnus und Zielgrundfläche), Umtriebszeit und des Zieldurchmessers.

¹ Auf der Internetplattform zur zweiten Bundeswaldinventur besteht die Möglichkeit, die Inventurergebnisse und die Ergebnisse der Rechnung eines Basisszenarios (HAM) abzurufen: www.bundeswaldinventur.de (20.07.07). Dieses Szenario wird den, im Rahmen dieses Projektes durchgeführten Szenariorechnungen („naturnaher Waldbau“ u. „ertragsorientierter Waldbau“) vergleichend gegenübergestellt.

Die Ergebnisse umfassen neben Angaben zum Gesamtvorrat auch eine Vielzahl an detaillierten Auswertungen wie Vorratsverteilungen nach Mittenstärken. Das Durchmesserzuwachsmo­dell dieser Prognose wurde direkt auf der Basis der BWI-Daten parametrisiert und die Höhenschätzung erfolgte über eine Tariffunktion aus dem BHD. Die Bestandesdichte hat in der HAM-Prognose keinen Einfluss auf das Durchmesserwachstum der Einzelbäume. Auch können Freistellungseffekte nicht beschrieben werden, da die periodische Bundeswaldinventur zur Parametrisierung verwendet wurde und die Nutzungen hier zeitlich nicht eingeordnet werden können.

Tabelle 2: Steuergrößen des Nutzungsmodells der Holzaufkommensmodellierung (HAM). Die Verteilungsparameter spiegeln die unterschiedlichen Ländervorgaben wider.

Steuerparameter	Buche			Eiche			Fichte			Kiefer			Lärche		
	Mi	Me	Ma	Mi	Me	Ma	Mi	Me	Ma	Mi	Me	Ma	Mi	Me	Ma
Durchforstungsbeginn im Alter	15	40	45	15	30	35	15	30	30	10	10	30	10	20	20
Durchforstungsbeginn bei Mittelhöhe [m]	0	14	16	7	10	14	10	10	14	7	10	12	7	10	14
Endnutzungsbeginn im Alter	110	130	150	120	165	179	60	100	130	100	120	140	70	110	130
Endnutzung abgeschlossen im Alter	160	190	200	180	219	240	100	155	190	150	170	200	130	160	190
Max. Zielstärke	55	65	70	60	70	80	40	45	60	45	45	60	50	60	65
Max. Zielstärken-Entnahmeprozent	10	50	60	20	50	50	25	50	60	10	50	60	25	50	80

Mi = Minimum, Me = Median, Ma = Maximum

Quelle: BMELV (2004)

(ohne Pappel, Erle, Weide Ahorn, Esche, Tanne und Douglasie).

3 Ausgangszustand, Zuwachs und Nutzungen in der Inventurperiode 1987 - 2002

Zum Stichtag der zweiten Bundeswaldinventur (2002) lag der bundesweite Vorrat der Buche bei ca. 583 Mio. Vfm. Dies entspricht ca. 17 % des Gesamtholz­vorrates. In Niedersachsen stockten 2002 ca. 54 Mio. Vfm Buche, was einem Anteil am niedersächsischen Gesamtvorrat von ca. 18 % entspricht. Die Verteilung des Vorrats über Brusthöhendurchmesserstufen ist in Abbildung 1 dargestellt, wobei

der Schwerpunkt sowohl in Niedersachsen (43 %) als auch im Bundesgebiet (42 %) im Bereich von 30 bis 49,9 cm BHD liegt.

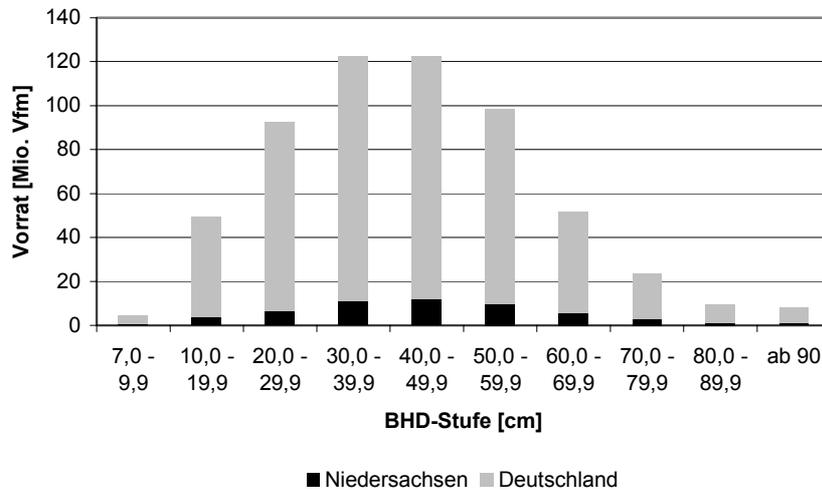


Abbildung 1: Vorratsverteilung nach BHD-Stufen der Baumart Buche in Deutschland und Niedersachsen auf Basis der zweiten Bundeswaldinventur

Die bundesweite Flächenverteilung nach Altersklassen weist für die Buche eine weitgehend gleiche Ausstattung der Altersklassen aus. Unterrepräsentiert sind die bis 40-jährigen Bestände. Die Bestände über 140 Jahre nehmen ca. 250.000 ha ein (s. Abb. 2). In Niedersachsen liegt der Schwerpunkt der Altersklassenverteilung im Bereich von 81-120 Jahren. In den Jahren zwischen 1987 und 2002 wurden in den alten Bundesländern jährlich durchschnittlich ca. 7,5 Mio. Efm Buchenholz genutzt (BMVEL 2004). Die Holzeinschlagsstatistiken weisen demgegenüber für den gleichen Zeitraum nur einen durchschnittlichen jährlichen Einschlag von ca. 5,9 Mio. Efm Buchenholz aus (ZMP 2007). Diese Diskrepanz erklärt sich in erster Linie durch nicht verbuchte Einschläge für den Eigenbedarf (z. B. Brennholz im Privatwald). Auf die Unterschiede zwischen den Ergebnissen der BWI 2 und den Einschlagsstatistiken weisen DIETER u. ENGLERT (2005) hin. Hinsichtlich des Zuwachses der Buche im Vergleich der alten Bundesländer liegt Niedersachsen mit $11,24 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ knapp unter dem Durchschnitt von $11,74 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Die höchsten Zuwächse wurden in Bayern festgestellt ($13,25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$). Der geringste durchschnittliche periodische Zuwachs der Buche wurde in Hessen beobachtet ($10,37 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$). Der jährliche Holzeinschlag für die Buche in Niedersachsen betrug zwischen den Jahren 1987 und 2002 $0,92 \text{ Mio. Efm a}^{-1}$ bzw. $0,9 \text{ Efm ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$.

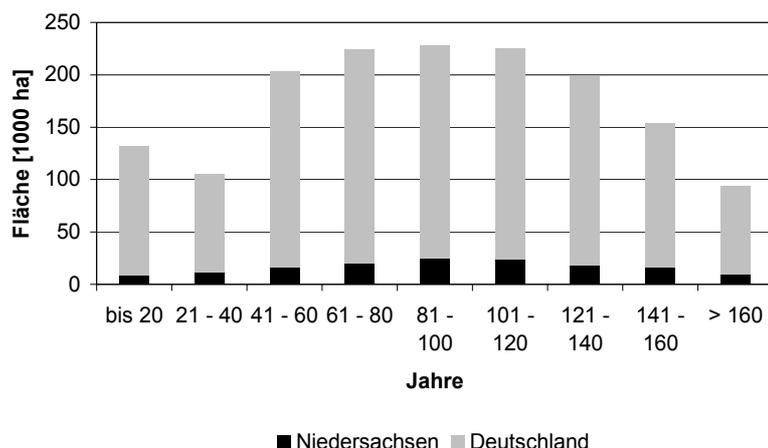


Abbildung 2: Flächenverteilung nach Altersklassen der Baumart Buche in Deutschland und Niedersachsen auf Basis der zweiten Bundeswaldinventur

4 Buchenholzpotenziale Niedersachsen

Beim Vergleich und der Bewertung der Szenarien, die mit dem *WaldPlaner* durchgeführt wurden, und der Variante HAM sind Unterschiede vor allem auf die unterschiedlichen Steuergrößen zurückzuführen (s. Tab. 1). Geringfügigere Unterschiede können aber auch aufgrund unterschiedlicher biometrischer Modelle bei der Wachstumsprognose oder der Volumenberechnung auftreten. Weiterhin ist ein geringfügig unterschiedlicher Flächenbezug in den Szenarien zu beachten. So beziehen sich alle Prognosen (zukünftiger Vorrat und Nutzung) des HAM-Szenarios nur auf den Hauptbestand (Plenterbestände werden voll berücksichtigt) solcher Flächen, die laut Definition begehbarer Holzboden einschließlich Lücken im Bestand sind, welche aber keinem Nutzungsverbot unterliegen. Der Zustand 2002 (s. Abb. 1 und 2) und alle Prognosen mit dem *WaldPlaner* (Szenarien „naturnaher“ und „ertragsorientierter Waldbau“) berücksichtigen auch Flächen mit einem Nutzungsverbot (bundesweit 92.366 ha, ca. 1 %) und alle Bestandesschichten, so dass bei einem Vergleich hier generell von etwas höheren Gesamtwerten ausgegangen werden muss. Weiterhin ist bei der Interpretation zu beachten, dass ein eigentümerspezifisches Verhalten in keinem der *WaldPlaner*-Szenarien berücksichtigt wird. Es wird aufgezeigt, welche Holz mengen theoretisch bei vollflächiger Umsetzung der definierten Szenarien zur Verfügung stehen würden.

Betrachtet man die Vorratsentwicklung der Buche in Niedersachsen, so weist das Basisszenario (HAM) einen fallenden Trend auf (s. Abb. 3).

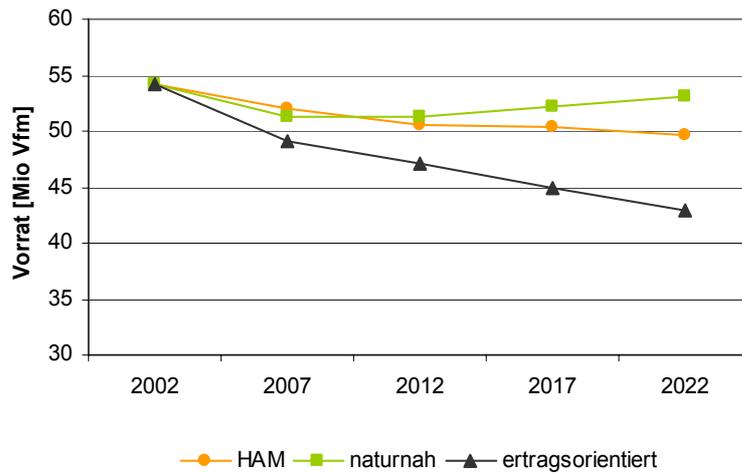


Abbildung 3: Prognostizierte Entwicklung der Buchenholzvorräte in Niedersachsen von 2002 bis 2022

Von ca. 54 Mio. Vfm im Jahre 2002 geht der Buchenholzvorrat auf ca. 49,7 Mio. Vfm im Jahre 2022 zurück. Demgegenüber ist bei der ertragsorientierten Variante eine noch stärkere Vorratsabsenkung zu verzeichnen. Im Jahr 2022 liegt der prognostizierte Buchenvorrat nur noch bei ca. 43 Mio. Vfm. Das Szenario „naturnaher Waldbau“ zeigt insgesamt eine ausgeglichene Entwicklung des Buchenvorrates. Bis 2007 ist ein leichter Abfall auf ca. 51 Mio. Vfm zu verzeichnen. Danach steigt der Vorrat auf ca. 53 Mio. Vfm an und erreicht somit fast das Ausgangsniveau des Jahres 2002.

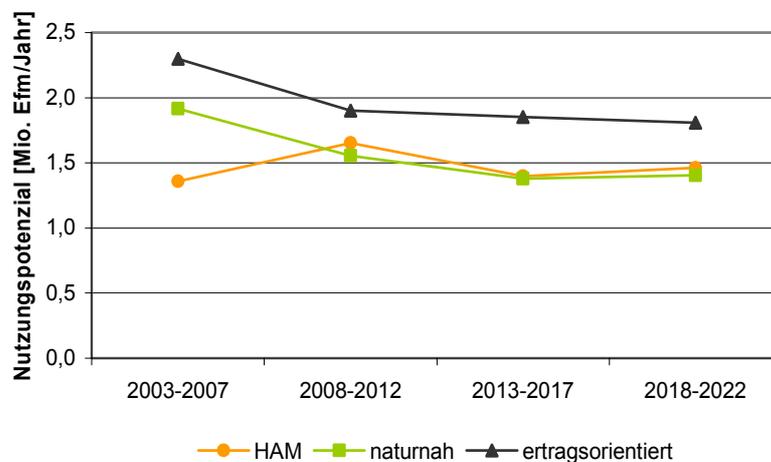


Abbildung 4: Prognostizierte Entwicklung des mittleren periodischen (5 Jahre) Nutzungspotenzials bei Buche in Niedersachsen

Die Entwicklungen der Nutzungspotenziale verlaufen bei den Szenarien „naturnaher Waldbau“ und „ertragsorientierter Waldbau“ annähernd parallel (s. Abb. 4). Die Nutzungen liegen in den ersten 5 Jahren bis zum Jahr 2007 im Mittel bei jährlich 2,3 bzw. 1,9 Mio. Efm, wobei es sich bei allen dargestellten Werten um mittlere periodische Nutzungen innerhalb von 5-jährigen Perioden handelt. Der abnehmende Trend führt in der Periode 2018 - 2022 bei der naturnahen Variante zu einem Nutzungspotenzial von ca. 1,4 Mio. Efm a⁻¹ und bei der ertragsorientierten Variante von 1,8 Mio. Efm a⁻¹. Durchschnittlich beläuft sich das Buchenholzpotenzial für den 20-jährigen Simulationszeitraum in Niedersachsen unter den Bedingungen eines „naturnahen Waldbaus“ auf ca. 1,6 Mio. Efm a⁻¹. Die Variante „ertragsorientierter Waldbau“ übertrifft diesen Wert mit durchschnittlich ca. 2,0 Mio. Efm a⁻¹. Mit durchschnittlich 1,5 Mio. Efm a⁻¹ liegt das Potenzial, das durch die HAM-Prognose ausgewiesen wird, knapp unter dem Wert der naturnahen Variante.

Die aus den Nutzungspotenzialen abgeleiteten Sortimente (s. Tab. 3 u. Tab. 4) weisen bei der Variante „naturnaher Waldbau“ einen Schwerpunkt in der Stärkeklasse² 5 auf. Auf diese entfallen im Mittel der 20 Jahre jährlich 446.500 Efm. Bei der Variante „ertragsorientierter Waldbau“ verlagert sich der Schwerpunkt entsprechend der geringeren Zielstärke ab der Periode 2008 - 2012 auf die Stärkeklasse 4. In diese fallen dann durchschnittlich 530.200 Efm. In beiden Szenarien steigen die Potenziale in der Stärkeklasse 4 im Laufe der Simulation an. In allen anderen Stärkeklassen gehen die prognostizierten Mengen zurück, wobei das Szenario „naturnaher Waldbau“ in der letzten Simulationsperiode teilweise steigende Tendenzen aufweist (Stärkeklassen 2a, 2b).

Tabelle 3: Das mittlere jährliche Nutzungspotenzial der Buche [1000 Efm a⁻¹] nach Stärkeklassen für das Szenario „naturnaher Waldbau“ in Niedersachsen

naturnah, Niedersachsen									
Jahr	Stärkeklasse								
	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4	5	≥ 6
2003-2007	34,47	73,18	57,66	105,12	89,05	73,55	120,53	526,84	390,10
2008-2012	31,68	87,45	63,86	115,86	71,69	58,25	216,36	453,26	126,57
2013-2017	27,44	65,34	41,56	71,14	74,67	69,07	260,53	411,26	59,54
2018-2022	21,73	63,62	54,64	76,01	73,37	56,65	304,67	394,55	58,49

² Die Stärkeklasse bezieht sich auf den Mitteldurchmesser ohne Rinde der ausgehaltenen Sortimente. 1a: 10 bis 14 cm, 1b: 15 bis 19 cm, 2a: 20 bis 24 cm, 2b: 25 bis 29 cm, 3a: 30 bis 34 cm, 3b: 35 bis 39 cm, 4: 40 bis 49 cm, 5: 50 bis 59 cm, 6: 60 cm und stärker.

Tabelle 4: Das mittlere jährliche Nutzungspotenzial der Buche [1000 Efm a⁻¹] nach Stärkeklassen für das Szenario „ertragsorientierter Waldbau“ in Niedersachsen

ertragsorientiert, Niedersachsen									
Jahr	Stärkeklasse								
	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4	5	≥6
2003-2007	38,73	93,52	75,67	134,15	126,70	90,74	308,41	512,88	409,62
2008-2012	41,70	107,83	70,88	137,55	99,96	63,98	467,04	399,62	119,31
2013-2017	38,58	94,94	73,04	117,36	99,30	82,66	616,06	273,09	74,05
2018-2022	26,12	84,22	54,56	90,44	85,53	63,95	729,41	234,12	66,24

5 Buchenholzpotenziale Deutschland

Für ganz Deutschland zeigen alle drei Szenarien bis zum Jahr 2007 einen fallenden Trend der Buchenholzvorräte (s. Abb. 5). Von ca. 583 Mio. Vfm wird der Vorrat auf Werte zwischen ca. 530 Mio. und 550 Mio. Vfm absinken. Ab dem Jahr 2007 wird der Buchenvorrat beim Szenario „naturnaher Waldbau“ wieder aufgebaut. Dieser erreicht im Jahr 2022 mit 579 Mio. Vfm fast das Ausgangsniveau von 2002. Die Szenarien HAM und „ertragsorientierter Waldbau“ senken die Vorräte ab dem Jahr 2007 weiter ab und führen 2022 zu einem geschätzten Vorrat von ca. 516 Mio. Vfm (HAM) bzw. 483 Mio. Vfm („ertragsorientiert“). Dies ist vor allem durch die gegenüber dem „naturnahen Waldbau“ höheren maximal zulässigen Nutzungsmassen und niedrigeren Zielstärken bedingt.

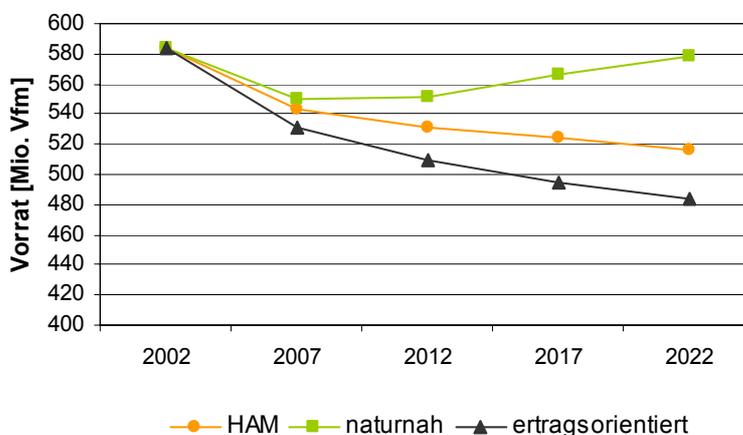


Abbildung 5: Prognostizierte Entwicklung der Buchenholzvorräte in Deutschland von 2002 bis 2022

Die resultierenden Vorratsverteilungen werden deutlich von den gewählten Zielstärken bestimmt. In beiden Szenarien („naturnah“/„ertragsorientiert“) ergibt sich sowohl für Deutschland als auch für Niedersachsen eine linksschiefe Verteilung der Vorräte über dem Brusthöhendurchmesser (s. Abb. 6 u. Abb. 7). Ab der Durchmesserstufe 60-69,9 cm sind bei dem Szenario „naturnaher Waldbau“ die Anteile am Gesamtvorrat sehr gering. Da bei der „ertragsorientierten“ Variante die Zielstärke bei 55 cm liegt, ist hier auch die Stufe 50-59,9 cm deutlich schwächer besetzt. Die Vorratsstruktur für Niedersachsen entspricht grundsätzlich für beide Varianten dem bundesweiten Muster.

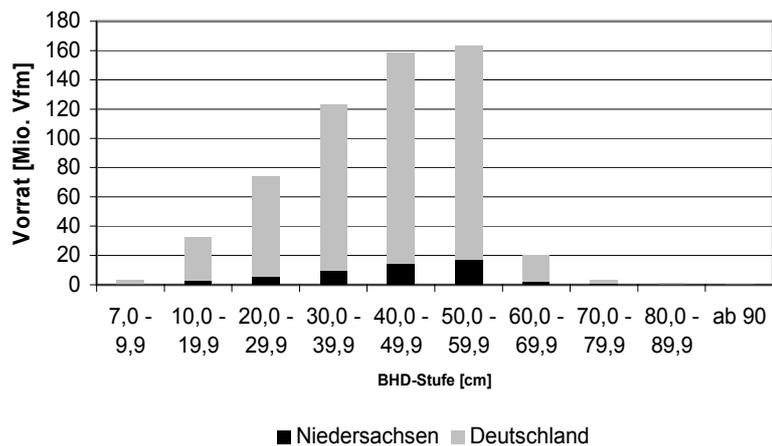


Abbildung 6: Prognostizierte Vorratsverteilung nach BHD-Stufen der Baumart Buche im Jahr 2022 in Deutschland und Niedersachsen für das Szenario „naturnaher Waldbau“

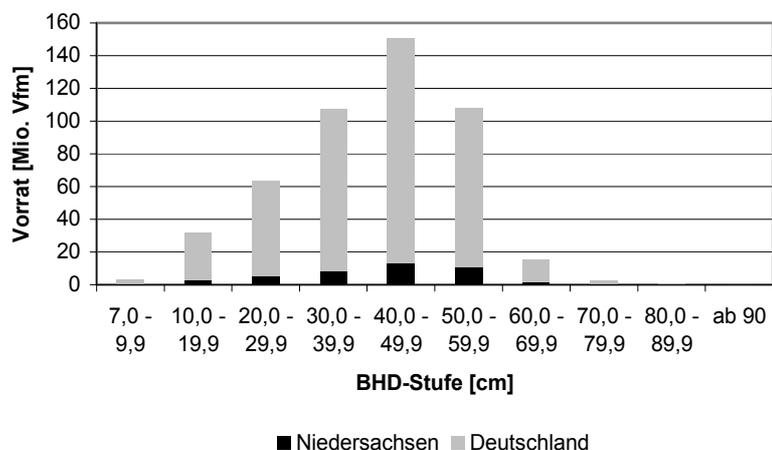


Abbildung 7: Prognostizierte Vorratsverteilung nach BHD-Stufen der Baumart Buche im Jahr 2022 in Deutschland und Niedersachsen für das Szenario „ertragsorientierter Waldbau“

Die prognostizierten Nutzungspotenziale für Deutschland verlaufen wie in Niedersachsen für die Szenarien „naturnaher“ und „ertragsorientierter Waldbau“ annähernd parallel und weisen einen abnehmenden Trend auf (s. Abb. 8). Ab der Periode 2013 - 2017 wird in beiden Szenarien ein gleichbleibendes Nutzungsniveau von 14,4 Mio. bzw. 18,5 Mio. Efm a⁻¹ erreicht. Die Variante HAM weist wie für Niedersachsen von Beginn an einen deutlich ausgeglicheneren Verlauf mit durchschnittlich 13,9 Mio. Efm a⁻¹ auf. Im Durchschnitt der simulierten 20 Jahre zeigt das ertragsorientierte Szenario das höchste jährliche Nutzungspotenzial (19,8 Mio. Efm). Auf einem deutlich tieferen Niveau liegt das Nutzungspotenzial des Szenarios „naturnaher Waldbau“ (15,9 Mio. Efm). Hier steigt in den letzten 5 Simulationsjahren in Übereinstimmung mit der Simulation für Niedersachsen das Potenzial wieder leicht an.

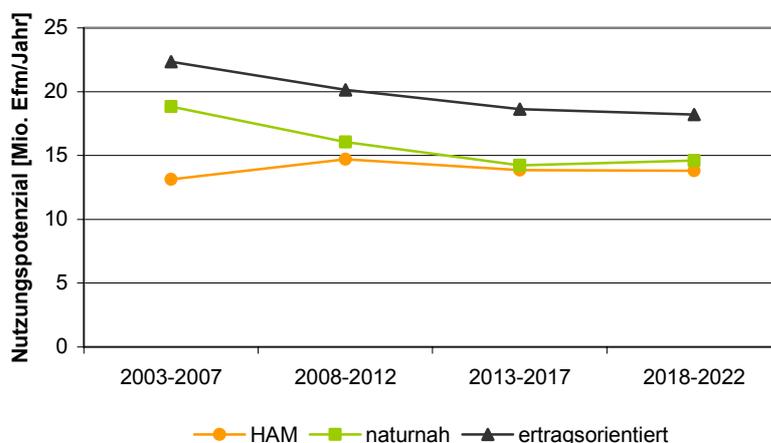


Abbildung 8: Entwicklung des mittleren periodischen (5 Jahre) Nutzungspotenzials bei Buche in Deutschland von 2002 bis 2022

Auffällig ist, dass die naturnahe Variante bei durchschnittlich etwas höheren Nutzungen einen deutlich höheren Vorrat im Vergleich zur HAM-Variante aufbaut. Dies ist auf mehrere Faktoren zurückzuführen, wie den unterschiedlichen Bestandes- und Flächenbezug. Die Vorratsangaben des HAM-Szenarios beziehen sich auf Bestände ohne Nutzungsverbot und nur auf den Hauptbestand bzw. den Gesamtbestand bei plenterartigen Bestandesstrukturen, so dass der Vorrat insgesamt geringer berechnet wird. Im Jahr 2002 beträgt der Buchenvorrat über alle Bestandesschichten ca. 583 Mio. Vfm. Der Vorrat nur für den Hauptbestand (oder Plenterwald) ohne Nutzungsverbot liegt 2002 hingegen bei ca. 544 Mio. Vfm und ist somit um 7 % geringer als der Vorrat bei Berücksichtigung aller Bestandesschichten.

Weiterhin könnten unterschiedliche Verjüngungsmechanismen und Zuwachsmodele bei der *WaldPlaner*-Simulation und der HAM-Prognose zu den beobachteten Unterschieden führen.

Die Verteilung des Nutzungspotenzials auf Durchmesserstufen verdeutlicht den Einfluss der alternativen waldbaulichen Szenarien (s. Abb. 9). Zwar weisen die Szenarien „ertragsorientierter“ und „naturnaher Waldbau“ aufgrund ihrer spezifischen Steuergrößen für Grundflächenhaltung und Zielstärke beide eine ‚Hiebsruhe‘ zwischen Vor- und Endnutzung auf. Die obere Grenze dieses Bereiches schwächerer Nutzungsintensität wird aber vor allem durch die Zielstärke bestimmt (s. Tab. 1). So tritt dieser Bereich in der „naturnahen“ Variante bei 50-59 cm, in der „ertragsorientierten“ Variante aber bereits bei 40-49 cm auf. Umgekehrt fallen die Endnutzungsmassen im „ertragsorientierten Waldbau“ ausgeglichener sowohl in der Stufe 50-59 cm als auch in der Stufe ≥ 60 cm mit beträchtlichen Mengen an (5,7 Mio. und 7,3 Mio. Efm a^{-1}). Dagegen führt die höhere Zielstärke im „naturnahen Waldbau“ erst ab der Durchmesserstufe > 60 cm zu einem Vorratsabbau bzw. hohen Nutzungen (9,5 Mio. Efm a^{-1}).

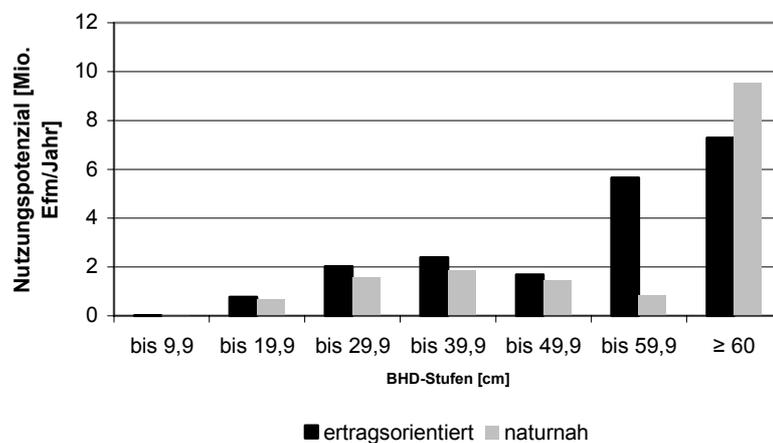


Abbildung 9: Verteilung der mittleren jährlichen Nutzungspotenziale (2003 bis 2022) nach Durchmesserstufen der Szenarien „ertragsorientierter“ und „naturnaher Waldbau“ für Buche in Deutschland

Die Verteilung des Nutzungspotenzials auf die Stärkeklassen zeigt ein ähnliches Muster (s. Tab. 5 u. Tab. 6) wie für Niedersachsen. Die Mengen in den einzelnen Stärkeklassen sind für beide Szenarien mit Ausnahme der Stärkeklasse 4 rückläufig.

Bei der Variante „naturnaher Waldbau“ treten die größten Mengen dennoch durchgängig in der Stärkeklasse 5, bei der Variante „ertragsorientierter Waldbau“ ab der Periode 2008 - 2012 durchgängig in der Stärkeklasse 4 auf. Der stärkste Rückgang ist in beiden Szenarien für die Stärkeklasse 6 zu verzeichnen. Die auftre-

tenden Muster lassen sich wie bei der Verteilung nach Durchmesserstufen vor allem über die unterschiedlich gewählten Zielstärken erklären. Die maximalen Eingriffsstärken für Buchenbestände liegen bei $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ pro Eingriff (1 Eingriff in 5 Jahren), so dass zielstarke Bäume im Allgemeinen innerhalb von 1-2 Eingriffen entnommen werden. Eine konsequent umgesetzte Zielstärkennutzung führt daher in beiden Szenarien dazu, dass nach ca. 10 Jahren nur noch geringe Anteile der Stärkeklasse 6 anfallen. Bei der naturnahen Variante kommt hinzu, dass Habitatbäume mit großen Brusthöhendurchmessern geschützt und somit der Nutzung entzogen werden.

Tabelle 5: Das mittlere jährliche Nutzungspotenzial der Buche [1000 Efm a⁻¹] nach Stärkeklassen für das Szenario „naturnaher Waldbau“ in Deutschland

naturnah, Deutschland									
Jahr	Stärkeklasse								
	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4	5	≥6
2003-2007	467,2	1.181,9	856,6	1.126,6	934,6	765,1	1.434,6	4.769,5	3.428,5
2008-2012	370,2	1.212,5	916,9	1.220,8	964,8	783,5	2.247,9	4.071,2	1.182,9
2013-2017	287,7	814,0	687,0	987,6	859,1	729,4	2.699,6	3.655,6	615,4
2018-2022	280,4	745,9	622,7	934,9	834,0	683,2	3.224,5	3.844,5	419,1

Tabelle 6: Das mittlere jährliche Nutzungspotenzial der Buche [1000 Efm a⁻¹] nach Stärkeklassen für das Szenario „ertragsorientierter Waldbau“ in Deutschland

ertragsorientiert, Deutschland									
Jahr	Stärkeklasse								
	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4	5	≥6
2003-2007	499,2	1.447,8	1.072,9	1.429,8	1.132,7	778,2	3.313,5	4.764,7	3.474,6
2008-2012	482,7	1.501,6	1.157,4	1.549,4	1.232,8	864,9	4.969,9	3.457,7	1.208,9
2013-2017	382,8	1.158,1	965,7	1.395,9	1.233,2	906,9	5.914,9	2.493,6	656,1
2018-2022	337,1	952,2	783,4	1.199,5	1.152,6	749,6	7.099,6	1.994,7	416,7

6 Regionale Validierung und Kalibrierung der Durchmesserzuwachsprognose

Abschließend soll skizziert werden, wie Großrauminventuren zukünftig dazu verwendet werden können, Wachstums- und damit Holzaufkommensprognosen zu überprüfen und gegebenenfalls deren Genauigkeit zu erhöhen. Großrauminventuren sind durch ihre Flächenrepräsentativität insbesondere für eine Überprüfung der regionalen Gültigkeit von Wachstumssimulatoren geeignet. Auf Grundlage der beobachteten Zuwächse im Zeitraum zwischen BWI 1 (1987) und BWI 2 (2002) erfolgte die Beurteilung einer Prognose, die mit dem *WaldPlaner* für denselben Zeitraum durchgeführt³ wurde. Dabei steht nach der ersten Folgeinventur (BWI 2) erstmals für den gesamten Bereich der alten Bundesländer eine Vergleichsdatenbasis zur Verfügung, die eine Überprüfung der Prognose unter dem speziellen Aspekt ihrer räumlichen Gültigkeit ermöglicht. Die Validierung wurde mit Hilfe eines speziellen verallgemeinerten additiven Regressionsmodells (WOOD 2006) durchgeführt. Der verwendete Ansatz ermöglicht es, potenzielle Verzerrungen der Prognose auch in Abhängigkeit von der geographischen Lage zu quantifizieren. Als Verzerrung wird eine systematische Unter- und Überschätzung der beobachteten Zuwachswerte bezeichnet. Dabei wurden für die Buche u. a. sowohl der Effekt der geographischen Lage als auch der Seehöhe als signifikant identifiziert. Eine Verzerrung in Abhängigkeit von der geographischen Lage und der Seehöhe kann dahingehend interpretiert werden, dass die derzeitige Parametrisierung des Durchmesserzuwachsmodells auf Basis von ertragskundlichen Versuchsflächen keine Berücksichtigung von räumlichen Wachstumstrends oder gar einer Wechselwirkung derartiger Trends mit der Seehöhe ermöglicht. Dies war auch zu erwarten, da das Durchmesserzuwachsmodell an ertragskundlichen Versuchsflächendaten parametrisiert wurde, die eine Beschreibung von regionalen und durch die Höhenlage beeinflussten Wachstumsunterschieden nur bedingt zulassen. Durch die Identifizierung der unterschiedlichen Einflussgrößen und die Quantifizierung ihrer Effekte auf die Verzerrung, bietet das verwendete Regressionsmodell jedoch die Möglichkeit für eine Verzerrungskorrektur. Anhand der Zielgröße „summarischer periodischer Grundflächenzuwachs 1987 - 2002“ wird die starke Verbesserung der Prognose durch die Verzerrungskorrektur dargestellt. Bei einer stratenweisen Betrachtung der prozentualen Abweichungen von Beobachtung und Prognose nach räumlichen Einheiten (Bundesländer, ausgewählte Wuchsgebiete) wird die Erhöhung der Prognosegüte für die meisten der Bezugsgebiete deutlich (s. Abb. 10).

Zukünftig werden durch die sich ständig erweiternde Datenbasis sowohl der ertragskundlichen Versuchsflächen als auch vor allem der Bundeswald- und

³ Die ausführliche Beschreibung der Kalibrierung ist dem Beitrag „Validierung der Durchmesserzuwachsprognose des Wachstumssimulators BWINPro 7.0 für Fichte und Buche für den Bereich der alten Bundesländer“ (SCHMIDT u. HANSEN, 2007) zu entnehmen.

Betriebsinventuren biometrische Modelle für das Durchmesser- und Höhenwachstum entwickelt werden können, die regionale Wachstumsunterschiede direkt berücksichtigen, so dass nachgeschaltete Verzerrungskorrekturen nicht mehr notwendig sein werden. Bis dahin bietet das skizzierte Vorgehen einen pragmatischen Ansatz, um die Prognosegüte in der Holzaufkommensmodellierung speziell bei regional differenzierten Auswertungen zu erhöhen.

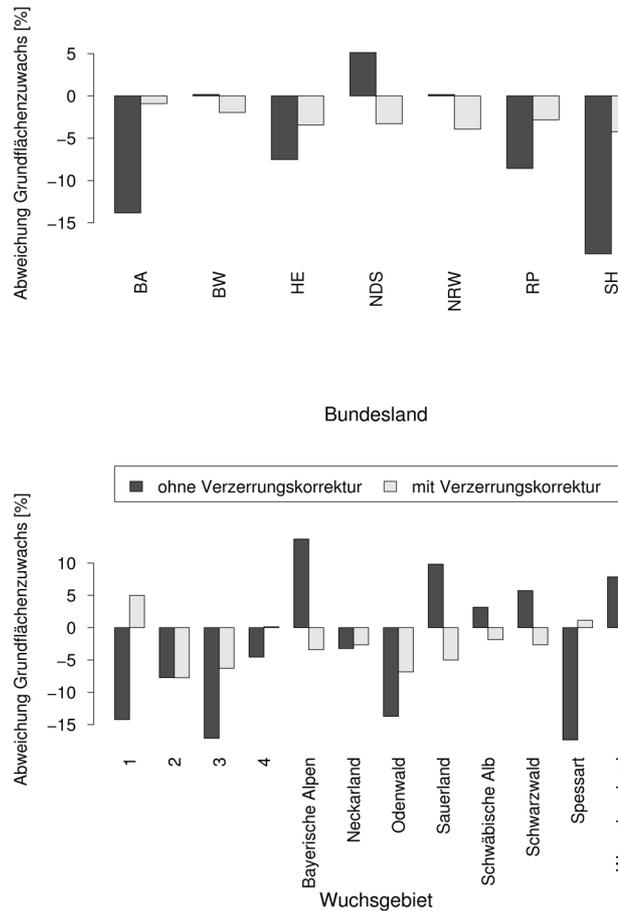


Abbildung 10: Abweichungen des prognostizierten periodischen Grundflächenzuwachses (1987 - 2002) in Prozent der beobachteten Werte der BWI mit und ohne nachgeschaltete Verzerrungskorrektur für die Westdeutschen Bundesländer (oben) und ausgewählte Wuchsgebiete (unten) (1: Frankenalb und Oberpfälzer Jura, 2: Oberrheinisches Tiefland und Rhein-Main-Ebene, 3: Schleswig-Holstein Ost, 4: Südwestdeutsches Alpenvorland)

Literatur

- ALBERT, M. (2000): Ein funktionaler Höhengänzungsalgorithmus für Einzelbaumwachstumsmodelle. Tagungsbericht der Sektion Ertragskunde DVFFA (Kaiserslautern), 32-43
- ALBERT, M. u. GUERICKE, M. (2003): Zur Prognose waldbaulicher Behandlungsvarianten in Mischbeständen mit einzelbaumbasierten Durchforstungsmodellen. *Forstarchiv* 74, 79-89
- ALBERT, M. u. HANSEN, J. (2007): Ein Entscheidungsunterstützungssystem für die multifunktionale Forstplanung auf Landschaftsebene. *Forst und Holz* 62, 14-18
- BIGING, G.S. u. DOBBERTIN, M. (1992): A comparison of distance-dependent competition measures for height and basal area growth of individual conifer trees. *Forest Sciences* 38, 360-377
- BÖSCH, B. (1995): Ein Informationssystem zur Prognose des künftigen Nutzungspotenzials. *Forst und Holz* 50, 19
- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (BMELV) (2004): HAM – Das Wichtigste in Kürze - www.bundeswaldinventur.de/enid/0522e2b28521f1f349eafd7173633096,0/9l.html
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ, ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (BMVEL) (2004): Die zweite Bundeswaldinventur. Das Wichtigste in Kürze. BMVEL Bonn, 87 S.
- DIETER, M. u. ENGLERT, H. (2005): Gegenüberstellung und forstpolitische Diskussion unterschiedlicher Holzeinschlagsschätzungen für die Bundesrepublik Deutschland. Institut für Ökonomie der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, Arbeitsbericht 2005/2, 10 S., http://www.bfafh.de/bibl/pdf/iii_05_02.pdf
- DUDA, H.A.A. (2006): Vergleich forstlicher Managementstrategien. Umsetzung verschiedener Waldbaukonzepte in einem Waldwachstumssimulator. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen, Books on Demand GmbH, Norderstedt, 182 S.
- ĎURSKÝ, J. (2000): Einsatz von Waldwachstumssimulatoren für Bestand, Betrieb und Großregion. Habilitationsschrift an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Technischen Univ. München, Freising-Weihenstephan, 223 S.
- HANSEN, J. (2006): Der WaldPlaner – Ein System zur Entscheidungsunterstützung in einer nachhaltigen Forstwirtschaft. In: DEGENHARDT, A. u. WUNN., U. (Hrsg.): Sammlung der Beiträge von der 18. Jahrestagung der Sektion Forstliche Biometrie und Informatik des DVFFA vom 25.-27.09.2006 in Trippstadt. Die Grüne Reihe, 112-119
- KÄNDLER, G.; BÖSCH, B. u. SCHMIDT, M. (2005): Wesentliche Ergebnisse der zweiten Bundeswaldinventur in Baden-Württemberg - Rückblick und Ausblick. *Forst und Holz* 60, 45-49
- LWF (2005): Holzaufkommensprognose für Bayern. Bayrische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), LFW Wissen 50, Freising, 73 S.
- NAGEL, J. (1996): Anwendungsprogramm zur Bestandesbewertung und zur Prognose der Bestandesentwicklung. In: HEMPEL, G. (Hrsg.): Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten. Sektion Forstliche Biometrie und Informatik. Tagung (8; 1995; Tharandt) – Ljubljana. Biotechnische Fakultät, Abteilung für die Forstwirtschaft, 133-141
- NAGEL, J. (1999): Konzeptionelle Überlegungen zum schrittweisen Aufbau eines waldwachstumskundlichen Simulationssystems für Nordwestdeutschland. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Nieders. Forstl. Versuchsanstalt, Band 128, J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a.M., 122 S.
- NAGEL, J.; ALBERT, M. u. SCHMIDT, M. (2002): Das waldbauliche Prognose- und Entscheidungsmodell BWINPro 6.1 - Neu-Parametrisierung und Modellerweiterungen. *Forst und Holz* 57, 486-493
- NAGEL, J.; DUDA, H. u. HANSEN, J. (2006): Forest Simulator BWINPro7. *Forst und Holz* 61, 427-429
- NIEDERSÄCHSISCHE LANDESFORSTVERWALTUNG (1991): Langfristige Ökologische Waldentwicklung in den Landesforsten. Programm der Landesregierung, Niedersächsische Landesregierung Hannover, 49 S.

- POLLEY, H.; SASSE, V. u. ENGLERT, H. (1996): Entwicklung des potentiellen Rohholzaufkommens bis zum Jahr 2020 für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland. Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft NR. 183, Wiedebusch, Hamburg: 266 S.
- PRETZSCH, H. (2001): Waldwachstumsforschung. Ihre Bedeutung für die Nutzung und den Schutz von Waldökosystemen. Beitr. Forstwirtsch. u. Landsch.ökol. 35 (3): 138-144
- PRETZSCH, H.; KAHN, M. u. ĎURSKÝ, J. (1998): Stichprobendaten für die Entwicklungsprognose und die Nutzungsplanung. AFZ/Der Wald 25: 1552-1558
- SCHMIDT, M. (2001): Prognosemodelle für ausgewählte Holzqualitätsmerkmale wichtiger Baumarten. Dissertation, Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie der Universität Göttingen (Selbstverlag): 309 S.
- SCHMIDT, M. u. HANSEN, J. (2007): Validierung der Durchmesserzuwachsprognose des Wachstums-simulators BWINPro für Fichte und Buche für den Bereich der alten Bundesländer. Tagungsband der Jahrestagung der Sektion Ertragskunde im DVFFA vom 21.-23.05.2007 in Alsfeld-Eudorf, 164-179
- SCHMIDT, M.; NAGEL, J. u. BÖCKMANN, TH. (2005): The Use of Tree Models for Silvicultural Decision Making. In: HASENAUER, H. (ed.). (2005): Sustainable Forest Management, Growth Models for Europe. Springer, Berlin, Heidelberg, New York: 389 S.
- SODTKE, R.; SCHMIDT, M.; FABRIKA, M.; NAGEL, J.; ĎURSKÝ, J. u. PRETZSCH, H. (2003): Anwendung und Einsatz von Einzelbaummodellen als Komponenten von entscheidungsunterstützenden Systemen für die strategische Forstbetriebsplanung. Forstarchiv 75, 51-64
- SPELLMANN, H. u. SCHMIDT, M. (2003): Massen-, Sorten- und Wertertrag der Fichte in Abhängigkeit von der Bestandesbehandlung. Forst und Holz 58, 412-419
- SPELLMANN, H.; NAGEL, J. u. BÖCKMANN, T. (1999): Summarische Nutzungsplanung auf der Basis von Betriebsinventurdaten. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 170, 122-128
- STERBA, H. (1996): Holzaufkommen in Österreich. Die Sägeindustrie Österreichs (CD und Begleit-text), Wirtschaftskammer Österreich, Wien
- WOOD, S.N. (2006): Generalized additive models: an introduction with R. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, 391 S.
- ZENTRALE MARKT- UND PREISBERICHTSSTELLE GMBH (ZMP) (2007): ZMP-Marktbilanz Forst und Holz 2007, Bonn

Korrespondierender Autor:

Jan Hansen
Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
Grätzelstr. 2
37079 Göttingen
E-Mail: Jan.Hansen@nw-fva.de
URL: www.nw-fva.de

Prof. Dr. Jürgen Nagel
Dr. Matthias Schmidt
Prof. Dr. Hermann Spellmann
Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt