

Sonderheft 343
Special Issue

Inventurstudie 2008 und Treibhausgasinventar Wald

Katja Oehmichen, Burkhard Demant, Karsten
Dunger, Erik Grüneberg, Petra Hennig, Franz
Kroiher, Mirko Neubauer, Heino Polley, Thomas
Riedel, Joachim Rock, Frank Schwitzgebel,
Wolfgang Stümer, Nicole Wellbrock, Daniel Ziche,
Andreas Bolte



**Bibliografische Information
der Deutschen Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese
Publikation in der Deutschen Nationalbiblio-
grafie; detaillierte bibliografische Daten sind
im Internet über <http://www.d-nb.de/>
abrufbar.



2011

Landbauforschung
*vTI Agriculture and
Forestry Research*

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesforschungsinstitut für
Ländliche Räume, Wald und Fischerei (vTI)
Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig,
Germany

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

landbauforschung@vti.bund.de
www.vti.bund.de

Preis 16 €

ISSN 0376-0723
ISBN 978-3-86576-069-2

Landbauforschung
*vTI Agriculture and
Forestry Research*

Sonderheft 343
Special Issue

Inventurstudie 2008 und Treibhausgasinventar Wald

Katja Oehmichen, Burkhard Demant, Karsten
Dunger, Erik Grüneberg, Petra Hennig, Franz
Kroiher, Mirko Neubauer, Heino Polley, Thomas
Riedel, Joachim Rock, Frank Schwitzgebel,
Wolfgang Stümer, Nicole Wellbrock, Daniel Ziche,
Andreas Bolte

Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume,
Wald und Fischerei, Institut für Waldökologie und Waldinventuren, Alfred-Möller-Str. 1,
D-16225 Eberswalde

Impressum:

Schriftleitung: Katja Oehmichen

Ansprechpartner:

Inventurstudie 2008: Frank Schwitzgebel, Karsten Dunger, Heino Polley

Datenerhebung und Inventurkontrolle Inventurstudie 2008: Burkhard Demant, Mirko Neubauer

Datenauswertung: Petra Hennig, Franz Kroiher

Qualitätssicherung: Katja Oehmichen

Flächenschätzungen: Wolfgang Stümer

Biomasse, Totholz und Waldbrände: Thomas Riedel, Katja Oehmichen

Boden und Streu: Nicole Wellbrock, Erik Grüneberg

Unsicherheiten und Fehlerbudgetierung: Thomas Riedel, Daniel Ziche (Boden und Streu)

Projektionen: Joachim Rock

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	VI
Abkürzungsverzeichnis.....	VIII
Formelverzeichnis	X
Zusammenfassung	1
1 Einleitung.....	3
1.1 Hintergrund.....	3
1.2 Emissionsberichterstattung für den Sektor LULUCF.....	3
1.3 Emissionsberichterstattung für den Wald.....	5
2 Methodik.....	7
2.1 Flächenschätzungen	7
2.1.1 Definitionen.....	7
2.1.2 Datengrundlage	9
2.1.3 Bestimmung der Waldfläche und der Veränderung für die alten Bundesländer	12
2.1.4 Bestimmung der Waldfläche und der Veränderung für die neuen Bundesländer	12
2.2 Inventurstudie 2008	12
2.2.1 Inventurdesign	12
2.2.2 Aufnahmeparameter und Aufnahmeverfahren	16
2.2.3 Datenauswertung.....	18
2.2.4 Organisation und Durchführung	19
2.2.5 Kosten.....	28
2.3 Kohlenstoffvorräte.....	39
2.3.1 Biomasse	39
2.3.2 Totholz	47
2.3.3 Waldbrand.....	47
2.3.4 Streu	49
2.3.5 Mineralböden	49

2.3.6	Organische Böden	52
2.4	Qualitätssicherung	52
3	Ergebnisse.....	56
3.1	Bestimmung der Waldfläche und der Flächenveränderungen für die alten und die neuen Bundesländer	56
3.2	Inventurstudie 2008	59
3.3	Kohlenstoffvorräte und Kohlenstoffvorratsveränderungen	61
3.3.1	Biomasse	61
3.3.2	Totholz	66
3.3.3	Waldbrand.....	68
3.3.4	Streu.....	69
3.3.5	Mineralböden	70
3.3.6	Organische Böden	71
4	Unsicherheiten und Fehlerbudgetierung	72
4.1	Unsicherheiten bei der Flächenschätzung von Landnutzungsänderungen	73
4.2	Unsicherheiten der Schätzung der ober- und unterirdischen Biomasse	74
4.2.1	Konvertierung von Derbholzvolumen in Baumholzvolumen	74
4.2.2	Unsicherheiten der baumartengruppenspezifischen Raumdichten.....	76
4.2.3	Unsicherheiten bei der Ableitung der unterirdischen Biomasse	77
4.2.4	Stichprobenfehler.....	78
4.2.5	Fehlerbudget.....	82
4.3	Unsicherheiten bei der Schätzung der Streu und der Mineralböden.....	83
4.3.1	Probenahmefehler	83
4.3.2	Kleinräumige Variabilität	83
4.3.3	Repräsentanz von Punkten innerhalb der Straten.....	83
4.3.4	Datengrundlage	83
4.3.5	Stichprobenfehler.....	83
5	Projektionen.....	86
5.1	Funktionsweise von WEHAM	86

5.1.1	Wachstumsmodell	87
5.1.2	Nutzungsmodell	87
5.1.3	Sortierungsmodell	88
5.2	Ergebnisse	89
5.2.1	Vorratsentwicklung	90
5.2.2	Zuwächse	91
5.2.3	Rohholzpotenziale	93
5.2.4	Kohlenstoffspeicherung	95
5.3	Unterschiede zu den Projektionen auf Basis der BWI 2	96
6	Literaturverzeichnis	99
Anhang A	103
Anhang B	126
Anhang C	131

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Zusammenwirken der verschiedenen Institutionen für die Emissionsberichterstattung des Sektors Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (LULUCF)...	4
Abbildung 2:	Schematische Darstellung der verschiedenen Stichprobennetze.....	13
Abbildung 3:	Schätzung inkl. 95%igem Vertrauensintervall des mittleren Vorrates [m ³ /ha] zum Zeitpunkt 2008 für Deutschland.....	15
Abbildung 4:	Schätzung inkl. 95%igem Vertrauensintervall der Veränderung des mittleren Vorrates [m ³ /ha] innerhalb der Inventurperiode 2002 – 2008 für Deutschland.....	15
Abbildung 5:	Lage der Stichproben der Inventurstudie 2008 im 8 km x 8 km-Rasternetz	16
Abbildung 6:	Traktaufbau und Aufnahmeschema der Inventurstudie	17
Abbildung 7:	Losübersicht der Inventurstudie 2008	20
Abbildung 8:	Arbeitsgeräte der Inventurtrupps.....	21
Abbildung 9:	Nutzeroberfläche der Aufnahmesoftware „TruppDE“.....	24
Abbildung 10:	Formular der Winkelzählprobe als Beispiel für die formularbasierte Aufnahme.....	24
Abbildung 11:	Beispiel für eine Polygonzugberechnung in Programm „TruppDE“.....	24
Abbildung 12:	Benutzeroberfläche der Navigationssoftware „BWI-Nav 2.0“	25
Abbildung 13:	Optionale Visualisierung des Hintergrundes.....	26
Abbildung 14:	Endpunkt der Navigation auf Waldwegen und Zielkoordinate.....	27
Abbildung 15:	Unterbrechungsfreier Übergang von öffentlichen Straßen auf Waldwege	27
Abbildung 16:	Zeitbedarf der Arbeitsschritte der Datenerhebung der IS08 an einer Traktecke.....	31
Abbildung 17:	Zeitbedarf für die mit der Winkelzählprobe verbundenen Erhebungen für den einzelnen Baum.....	32
Abbildung 18:	Zeitbedarf für die Erhebung von Totholzobjekten.....	32
Abbildung 19:	Tagesleistung je Inventurtrupp bei der Inventurstudie 2008.....	34
Abbildung 20:	Tagesleistung der Inventurtrupps bei der IS08 in Abhängigkeit der bereits geleisteten Arbeitstage	35
Abbildung 21:	Vergleich des Zeitbedarfes für das Einmessen der Traktecken bei der BWI 2 (terrestrisch) und bei der IS08 (satellitengestützt).....	36
Abbildung 22:	Waldbrandflächen zwischen 1990 und 2008 (nach BLE, 2009).....	48
Abbildung 23:	Regression zwischen C-Vorräten (0-30 cm) der BZE II/BioSoil- und BZE I-Daten, identifizierte Ausreißer und “high leverage“-Punkte	50

Abbildung 24:	Steuerung und Dokumentation im NaSE und im QSE (nach UBA, 2008).....	54
Abbildung 25:	Verteilung der Flächenanteile für Waldbewirtschaftung, Neuwald und Entwaldung für das Jahr 2008	58
Abbildung 26:	Prozentualer Anteil der gespeicherten Kohlenstoffmasse in der ober- und unterirdischen Biomasse getrennt nach Haupt- und Nebenbestand.....	62
Abbildung 27:	Verteilung des Kohlenstoffvorrates auf die Baumarten bzw. Baumartengruppen....	62
Abbildung 28:	Verteilung der Kohlenstoffvorräte nach BHD-Klassen über alle Baumarten (2008). 63	
Abbildung 29:	Kohlenstoffvorrat in der ober- und unterirdischen Biomasse, Kohlenstoffvorratsänderung gesamt und pro Hektar.....	64
Abbildung 30:	Kohlenstoffvorratsänderung gesamt und pro Hektar für den Zeitraum 2002 bis 2008 für die Baumarten	65
Abbildung 31:	Kohlenstoffvorratsänderung gesamt und pro Hektar für den Zeitraum 2002 bis 2008 nach Brusthöhendurchmesserklassen	65
Abbildung 32:	Kohlenstoffvorratsänderung gesamt und pro Hektar für den Zeitraum 2002 bis 2008 nach Baumaltersklassen	66
Abbildung 33:	Entwicklung der Kohlenstoffspeicherung im Totholz differenziert nach Zersetzungsgraden zwischen BWI 2 (2002) und Inventurstudie (2008)	67
Abbildung 34:	Einteilung der oberirdischen Biomasse eines Baumes in verschiedene Kompartimente	89
Abbildung 35:	Durchschnittsvorrat je Hektar (Vfm, „alle BA“: alle Baumarten; nur Hauptbestand). 90	
Abbildung 36:	Projizierter Vorrat (Vfm) nach Altersklassen des verbleibenden Bestandes	91
Abbildung 37:	Laufender Zuwachs (Vfm), nur Hauptbestand.....	92
Abbildung 38:	Zuwachsentwicklung (Vfm) nach Altersklassen.....	92
Abbildung 39:	Rohholzpotenzial (Efm), nur Hauptbestand.....	93
Abbildung 40:	Rohholzpotenzial (Efm) nach BHD-Stufen über alle Baumarten.....	94
Abbildung 41:	Rohholzpotenzial (Efm) nach Altersklassen (alle Baumarten)	94
Abbildung 42:	Veränderung der Kohlenstoffspeicherung (oberirdisch, Mio. tC).....	95
Abbildung 43:	Durchschnittliche oberirdische Kohlenstoffspeicherung pro Hektar (tC)	96
Abbildung 44:	Vergleich der durchschnittlichen Vorräte je Hektar.....	97
Abbildung 45:	Zuwachs pro Hektar	97
Abbildung 46:	Vergleich der absoluten Rohholzpotenziale der Projektionen auf Basis der BWI 2 und der IS08	98

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Gegenüberstellung der Landnutzungsklassen nach Klimarahmenkonvention und Kyoto-Protokoll (nach IPCC 2003)	9
Tabelle 2:	Vorabschätzung auf Grundlage der BWI 2 (2002) für Trakt- und Eckenanzahl sowie Vorrat je Hektar und Stichprobenfehler	14
Tabelle 3:	Übersicht zum Zeitbedarf der Datenerhebung der IS08 an einer Traktecke.....	31
Tabelle 4:	Vergleich der erhobenen Parameter bzw. der Geländeneigung der in der Zeitstudie erhobenen Traktecken mit allen Traktecken der IS08	33
Tabelle 5:	Kostenüberblick zur Inventurstudie 08.....	36
Tabelle 6:	Detaillierte Kostenaufstellung der Vorbereitungs- und Datenerhebungsphase der IS08..	37
Tabelle 7:	Verbindliche Geräteliste der Inventurtrupps und Listenpreise.....	38
Tabelle 8:	Raumdichten rd in [g/cm ³] von IPCC (2003), Kollmann (1982), Knigge & Schulz (1966) .	42
Tabelle 9:	Modellkoeffizienten für die Ableitung von Volumenexpansionsfaktoren	43
Tabelle 10:	Raumdichten für Astholz	43
Tabelle 11:	Wurzel/Spross-Verhältnis (root/shoot-ratio) auf Bestandesebene nach IPCC (2003)..	44
Tabelle 12:	Zusammengefasste Legendeneinheiten auf Grundlage der BÜK 1000	51
Tabelle 13:	Zeit- und Aufgabenplanung der Inventarerstellung	53
Tabelle 14:	Waldfläche, verbleibender Wald und Flächenveränderungen von anderen Landnutzungskategorien zu Neuwald für die alten Bundesländer von 1990-2008	56
Tabelle 15:	Jährliche Flächenveränderungen von Wald zu anderen Landnutzungskategorien für die alten Bundesländer	57
Tabelle 16:	Waldfläche, verbleibender Wald und Flächenveränderungen von anderen Landnutzungskategorien zu Neuwald für die neuen Bundesländer von 1990-2008	57
Tabelle 17:	Jährliche Flächenveränderungen von Wald zu anderen Landnutzungskategorien für die neuen Bundesländer.....	58
Tabelle 18:	Kohlenstoffspeicherung im Totholz in Deutschland für den Zeitraum 1990-2008	68
Tabelle 19:	Durch Waldbrände emittierte Treibhausgase im Zeitraum 1990-2008	69
Tabelle 20:	In den Inventuren BZE I und BZE II/BioSoil ermittelte Kohlenstoffvorräte in der Streu	70
Tabelle 21:	Kohlenstoffvorräte zum Zeitpunkt der BZE I und BZE II/BioSoil sowie jährliche Kohlenstoffänderungsraten in den neugebildeten Leitbodeneinheiten	71

Tabelle 22:	Stichprobenfehler (SE) der Flächenschätzung für die LULUCF-Klassen 1987-2002 für die alten Bundesländer und 1990-2005 für die neuen Bundesländer	73
Tabelle 23:	Stichprobenfehler (SE) der Flächenschätzung für die LULUCF-Klassen 2002-2008... ..	74
Tabelle 24:	Relativer Standardfehler der Volumenexpansionsmodelle	75
Tabelle 25:	Bei der Volumenexpansion entstehende Unsicherheiten	75
Tabelle 26:	Relativer Standardfehler der Raumdichteschätzungen	76
Tabelle 27:	Bei der Anwendung von Raumdichten entstehende Unsicherheiten.....	77
Tabelle 28:	Bei der Anwendung von Wurzel/Sproß-Verhältnissen entstehende Unsicherheiten....	78
Tabelle 29:	Stichprobenfehler für die oberirdische Biomasse.....	81
Tabelle 30:	Stichprobenfehler für die unterirdische Biomasse.....	81
Tabelle 31:	Gesamtfehler für die C-Vorrats- und C-Veränderungsschätzung zwischen 1987 und 2002 in den alten Bundesländern	82
Tabelle 32:	Gesamtfehler für die C-Vorrats- und C-Veränderungsschätzung zwischen 2002 und 2008 in Deutschland	82
Tabelle 33:	Übersicht über wichtige Steuergrößen des verwendeten Szenarios (Toleranz für Endnutzungsalter (EN-A.).....	88
Tabelle 34:	Steuerungsparameter für die Holzsortierung	89
Tabelle 35:	Vergleich der absoluten Rohholzpotenziale, Vorräte und Zuwächse über den Betrachtungszeitraum (2008 – 2048)	95

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AK	Altersklasse
ARD	Afforestation, reforestation, deforestation (Aufforstungen, Wiederbewaldung, Entwaldung)
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
BA	Baumart
BHD	Brusthöhendurchmesser
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BÜK	Bodenübersichtskarte
BWI	Bundeswaldinventur
BZE	Bodenzustandserhebung im Wald
CFI	Continuous Forest Inventory (Kontrollstichprobe)
CRF	Common Reporting Format (Tabellenformat zur Berichterstattung)
DGPS	Differentielles Globales Positionierungssystem
DSWF	Datenspeicher Waldfonds
EF	Emissionsfaktor
Efm oder m ³	Erntefestmeter Derbholz ohne Rinde
EN-A.	Endnutzungsalter
GSE FM-INT	GMES Service Element Forest Monitoring: Inputs für die Nationale Treibhausgasberichterstattung
GMES	Global Monitoring for Environment and Security (Globale Umwelt- und Sicherheitsüberwachung)
IS08	Inventurstudie 2008
KP	Kyoto-Protokoll
LULUCF	Land use, land use change and forestry (Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft)
Mg	Megagramm, 10 ⁶ g (= 1 Tonne)
NaSE	Nationales System Emissionen

NIR	Nationaler Inventarbericht
QK	Qualitätskontrolle
QS	Qualitätssicherung
QSE	Qualitätssystem Emissionsinventare
SE	Stichprobenfehler (sampling error)
THG	Treibhausgas(e)
TM (= d.m.)	Trockenmasse
UBA	Umweltbundesamt
Vfm	Vorratsfestmeter Derbholz mit Rinde
vTI	Johann Heinrich von Thünen-Institut
WEHAM	Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung
ZF	Zählfaktor

FORMELVERZEICHNIS

a	Jahr(e)
B	oberirdisches Baumvolumen
BEF	Biomasse-Expansions-Faktor
C	Kohlenstoffvorrat
C_{anorg}	anorganischer Kohlenstoff
C_{ges}	Gesamtkohlenstoff
C_{org}	organischer Kohlenstoff
ΔC	Veränderung des Kohlenstoffvorrates
CF	Kohlenstoffkonversionsfaktor, entspricht dem Anteil C an der Trockensubstanz
D	Derbholzvolumen
EF	Emissionsfaktor
I	Indikatorvariable, I = 1 wenn Baum im Probekreis, I = 0 wenn Baum außerhalb des Probekreises
rd	Raumdichte, welche sich auf das Frischgewicht eines Baumes bezieht
rd_{Stamm}	Raumdichte, welche sich auf das Frischgewicht eines Baumes am Stamm bezieht
rd_{ast}	Raumdichte, welche sich auf das Frischgewicht eines Baumes an Ästen bezieht
r_o	Rohdichte, welche sich auf das Gewicht der Trockensubstanz bezieht
t_1, \dots, t_T	Zeitpunkt, z. B. Stichtag einer Inventur
R	Wurzel/Spross-Verhältnis der Biomasse
\hat{R}	Ratioschätzer
TRD_{fb}	Trockenrohichte des Feinbodens
TV	Totholzvorrat
U_i	Unsicherheit / Fehler der Zielgröße i
$v\langle \rangle$	Varianz einer Zielgröße
VEF	Volumen-Expansions-Faktor
x_i	Quantität der Zielgröße i

X, Y, Z	Zielgrößen
$\hat{\bar{X}}, \hat{\bar{Y}}, \hat{\bar{Z}}$	Schätzer der mittleren Zielgröße über Wald und Nichtwald hinweg (Gesamtschätzer)
$\hat{X}, \hat{Y}, \hat{Z}$	Schätzer der Zielgröße über Wald und Nichtwald hinweg (Totalschätzer)
$\bar{Y}_{st}, \bar{R}_{st}$	einphasig, nach Verdichtungsgebieten stratifizierter (Ratio-) Schätzer
$1, \dots, m, \dots, M$	Anzahl Traktecken (Wald und Nichtwald)
$1, \dots, c, \dots, C$	Anzahl Trakte
$1, \dots, l, \dots, L$	Anzahl Straten (Verdichtungsgebiete)
β_v	Volumenschwundmaß
$\lambda(U)$	Fläche des Inventurgebietes (Wald und Nichtwald)
$\lambda(U_{Wald})$	Waldfläche des Auswertungsgebietes

Danksagung

Die in diesem Bericht beschriebene Inventurstudie 2008 und die darauf aufbauende nationale Emissionsberichterstattung für den Wald für das Jahr 2008 konnten nur durch das Zusammenwirken verschiedenster Einrichtungen und Institutionen sowie den engagierten Einsatz aller Beteiligten und einer großen Portion Organisationsgeschick in dem vorgegebenen Zeitrahmen erfolgreich abgeschlossen werden.

Unser Dank gilt den Referaten 521 und 535 im Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, ohne deren aktive Hilfe diese Arbeit nicht möglich wäre. Besonders erwähnen möchten wir Herrn Bernd Winkler (ehemals Referat 534, Referat für nachhaltige Forstwirtschaft und internationale Walderhaltung), der einen entscheidenden Anteil am Zustandekommen der Inventurstudie 2008 (IS08) trägt. Er hat uns sowohl in der Vorbereitungsphase als auch bei der Durchführung der IS08 in vielerlei Hinsicht tatkräftig unterstützt.

Der Grundstein der IS08 wurde mit der Erhebung der Daten im Gelände durch die Inventurtrupps gelegt. Die Arbeiten bei Wind und Wetter, viel Schnee und Kälte aber auch Sonnenschein haben nicht nur unsere Auftragnehmer sondern auch deren Ausrüstung vor besondere Herausforderungen gestellt. Die termingerechte Übergabe der erhobenen Daten und die Erfüllung der qualitativen Anforderungen an die Inventurdaten waren das Ergebnis einer zielorientierten und koordinierten Zusammenarbeit zwischen den Inventurtrupps und der Inventurleitung.

Daneben danken wir den beteiligten Bundesländern und deren Vertretern für die großzügige Bereitstellung verschiedener Geräte und Materialien zur Durchführung der Aufnahmen im Gelände als auch deren Interesse und Diskussionsbereitschaft hinsichtlich verschiedener Fragestellungen zur Datenerhebung und -auswertung. Auch die Unterstützung der Landesvermessungsämter und Katasterämter bei der Ermittlung der Eigentümer des Privat- und Körperschaftswaldes sei an dieser Stelle noch einmal hervorgehoben.

Mit dem Beginn der ersten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls im Jahr 2008 wurde die entsprechende Berichterstattung nach den Kyoto-Protokoll Artikeln 3.3 und 3.4 erstmalig durchgeführt und war damit sowohl für uns als auch das Umweltbundesamt komplettes Neuland. Durch eine sehr enge und kooperative Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt, die durch verschiedene spezifische Schulungen, Workshops und einen intensiven Erfahrungsaustausch gekennzeichnet war, ist es gelungen, die vollständigen Daten und Berichte für das Treibhausgasinventar zu den vom UNFCCC vorgegebenen Terminen abzugeben. Vielen Dank!

ZUSAMMENFASSUNG

Wälder sind wichtige Speicher für Kohlenstoff. Deutschland hat sich in internationalen Übereinkommen dazu verpflichtet, jährlich über die Veränderungen dieser Speicherung zu berichten, die beispielsweise durch natürliche Prozesse, wie das Wachstum der Bäume oder durch die Bewirtschaftung, verursacht werden können. Je nach Vorzeichen der Änderung ergibt sich eine Emission oder eine Senkenleistung an Treibhausgasen. Diese wiederum wird, da Deutschland die Waldbewirtschaftung nach Artikel 3.4 des Kyoto-Protokolls anrechnet, direkt mit den anderen Wirtschaftssektoren zugewiesenen Emissionsrechten verrechnet und vermindert oder erhöht so die Menge der zur Verfügung stehenden Emissionszertifikate.

Die Treibhausgasberichterstattung erfolgt getrennt für die sieben *Sektoren Energie; Industrieprozesse; Lösemittel und andere Produktverwendung; Landwirtschaft; Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft; Abfall und Abwasser* und *Andere*. Für den Sektor *Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft* (LULUCF) werden die Landnutzungskategorien *Wald, Ackerland, Grünland, Feuchtland, Siedlungen* und *andere Landnutzungen* getrennt betrachtet. Mit diesem Ansatz ist eine konsistente Darstellung und Abdeckung aller geographischen Regionen eines Landes gewährleistet. Für die Kategorie Forstwirtschaft werden die Veränderungen an gespeicherten Treibhausgasen für die fünf auch als „Pools“ bezeichneten Bereiche *oberirdische lebende Biomasse, unterirdische lebende Biomasse, Totholz, Streu* und *Bodenkohlenstoff* ausgewiesen. Neben der jährlichen Emission- oder Festlegungsrate an Kohlendioxid (CO₂) werden auch die bei bestimmten Aktivitäten entstehenden Emissionen anderer Treibhausgase wie Lachgas (N₂O) und Methan (CH₄) ermittelt. Als Datengrundlage für die Inventarerstellung werden die Bundeswaldinventur (BWI) und die Bodenzustandserhebung im Wald (BZE), aber auch weitere Daten wie ATKIS, Bodenkarten und Fernerkundungsdaten verwendet.

Um für die sogenannte „erste Verpflichtungsperiode“ des Kyoto-Protokolls (2008–2012) einen Anfangsvorrat an Kohlenstoff zu bestimmen, wurde 2008 die hier vorgestellte „Inventurstudie 2008“ (IS08) durchgeführt. Sie orientiert sich in ihrer Methodik an der Bundeswaldinventur und wurde an einem Teil der BWI-Stichprobenpunkte durchgeführt. Die Waldfläche betrug 2008 in Deutschland etwa 11,1 Mio. Hektar. In einem Raster von 8 km x 8 km wurden ca. 2300 Inventurtrakte aus dem Netz der Bundeswaldinventur aufgenommen. Jeder der Trakte besteht aus vier Traktecken im Quadratverband mit 150 m Kantenlänge. An jeder begehbaren Waldtraktecke (insgesamt ca. 6700) wurden einzelne Bäume, vorhandenes Totholz und die Verjüngung inventarisiert. Die Aufnahmen dauerten pro Traktecke bei einem aus zwei Personen bestehenden Inventurteam durchschnittlich 45 Minuten. Die durchgeführten Zeitstudien belegen, dass die Verwendung spezieller Navigationsgeräte und -software zu einer deutlichen Zeitbedarfsverringerung gegenüber den Aufnahmen der BWI 2 führte.

Aus den Daten von insgesamt ca. 48.000 vermessenen Bäumen mit einem Brusthöhendurchmesser von mindestens 7 cm erfolgte anschließend die Berechnung der Biomasse- und Kohlenstoffvorräte im Wald. Für jeden Einzelbaum wurde entsprechend seiner Baumart, Baumhöhe und Durchmesser zuerst das gesamte oberirdische Volumen berechnet, welches anschließend mit der mittleren Dichte des Holzes multipliziert wurde, um die Biomasse zu erhalten. Für die Bestimmung der unterirdischen Biomasse (Wurzeln) wurden pauschale Ansätze verwendet, die den internationalen Regeln für die Inventarerstellung entnommen sind.

Gegenüber dem Waldzustand 2002 (BWI 2) ist der Holzvorrat bis 2008 auf 330 m³/ha angestiegen. Ebenso haben der Anteil der Laubbäume, die Zahl älterer Bäume und die Menge an Totholz zugenommen. Die Fläche der Baumart Fichte hat deutlich abgenommen. Der Zuwachs ist insgesamt etwas zurückgegangen und die Holznutzung ist angestiegen. Derzeit werden über alle Baumarten gemittelt 93 % des Zuwachses geerntet, nur bei der Fichte übersteigt die Nutzung den Zuwachs um ca. 30 %.

Im Jahr 2008 waren 1,28 Mrd. Tonnen Kohlenstoff in der Biomasse von Waldbäumen gespeichert, was 114 tC je Hektar entspricht. Dabei entfallen 81 % des Kohlenstoffs auf den oberirdischen Teil und 19 % auf die Wurzeln. Mit 57 % ist mehr als die Hälfte des Kohlenstoffvorrats in Nadelbäumen enthalten. Der in Laubbäumen enthaltene Anteil ist trotz des geringeren Holzvorrates je Hektar mit 43 % in etwa so hoch wie deren Anteil an der Waldfläche. Dafür verantwortlich ist die höhere Dichte des Holzes der beiden wichtigsten Laubbaumarten Buche und Eiche. Daneben wurde festgestellt, dass sich der im Totholz gespeicherte Kohlenstoffvorrat im Jahr 2008 auf rund 34,8 Mio. t belief, was 18 % der gesamten Kohlenstoffspeicherleistung des Waldes ausmacht. Im Zeitraum von 2002 bis 2008 wurden in der Biomasse jährlich 4,8 Mio. t Kohlenstoff gebunden, was einer Zunahme von 0,44 tC pro Hektar und Jahr entspricht.

Basierend auf den Daten der IS08 wurde mit dem bereits aus der BWI 2 bekannten Simulationsmodell WEHAM die zukünftige Waldentwicklung (Vorräte, Zuwachs, Kohlenstoffspeicherung) sowie die Höhe des potenziellen Rohholzaufkommens über die nächsten Jahrzehnte geschätzt. Das verwendete Szenario resultiert in einem insgesamt leicht abnehmenden Vorrat, einem ebenfalls leicht zurückgehenden Zuwachs und einem schwankenden, tendenziell ebenfalls zurückgehenden Rohholzpotenzial, das sich jedoch etwas zugunsten der Nadelbaumarten verschiebt. Im Vergleich zu den bekannten Projektionen auf Basis der BWI 2 ist das Rohholzpotenzial jetzt niedriger einzuschätzen als es 2002 projiziert wurde. Die Potenziale bei den Laubbäumen wurden nicht komplett genutzt und stehen weiterhin zur Verfügung. Bei den Nadelhölzern wurde stark genutzt, was zusammen mit zufälligen Nutzungen insbesondere bei Fichte zu zeitweise deutlich geringeren als früher errechneten Potenzialen in der Zukunft führt. Neben Änderungen in den Volumina sind Änderungen in der Durchmesserstruktur der zu erntenden Stämme zu erwarten (mehr starkes Holz). Die Speicherung von Kohlenstoff im Wald wird tendenziell zurückgehen, so dass der Wald innerhalb der nächsten 40 Jahre zu einer Treibhausgasquelle werden kann. Die Gesamtmenge des oberirdisch gespeicherten Kohlenstoffs geht über die betrachteten 40 Jahre um ca. 19,1 Mio. Tonnen zurück, was einer jährlichen Emission von 1,75 Mio. t CO₂ entspricht. Diese darf jedoch nicht ohne die gleichzeitige Berücksichtigung von Substitutionseffekten durch die Nutzung des Holzes gesehen werden, die in diesem Bericht nicht thematisiert wurde.

Im Rahmen der Auswertungen wurde ein Potenzial hinsichtlich der methodischen Verbesserung für bestimmte Bereiche der Treibhausgasberichterstattung identifiziert, wie beispielsweise für die Berechnung der unterirdischen Biomasse und zur Ermittlung von Treibhausgasen bei Waldbränden, das in den kommenden Jahren umgesetzt werden soll. Es zeigte sich auch, dass die bisher für die Volumenbestimmung verwendeten Schaffformfunktionen aufgrund der Änderung der Schaffform der Bäume über die Zeit angepasst werden müssen. Hierfür sind bundesweit erhobene Daten notwendig, insbesondere obere Stammdurchmesser.

Die Gesamtkosten für die Vorbereitungs- und Datenerhebungsphase sowie die Datenauswertung der Inventurstudie 2008 beliefen sich auf ca. 1,5 Mio. €, was 227 € je Traktecke oder 0,14 € je Hektar Waldfläche entspricht.

1 EINLEITUNG

1.1 Hintergrund

Wälder sind wichtige Speicher für Kohlenstoff. Durch Veränderungen der Waldflächen (Aufforstung und Entwaldung), durch natürliche Vorgänge und menschliche Einflüsse ergeben sich Änderungen der Speicherleistung des Waldes, die sich in Form von Emissionen bzw. Senkenwirkungen hinsichtlich CO₂ und anderen relevanten Treibhausgasen auswirken. Nach den internationalen Verpflichtungen, die Deutschland unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) und deren Kyoto-Protokoll (KP) übernommen hat, sind fortlaufend Inventare über diese Emissionen und Senken zu erstellen. Hierzu müssen diese Flüsse direkt gemessen oder die in den verschiedenen Speichern am Anfang und am Ende der betrachteten Periode vorhandenen Vorräte, z. B. an Kohlenstoff, ermittelt werden.

Mit der von Deutschland gewählten Option für die Anrechnung der Waldbewirtschaftung nach Artikel 3.4 des Kyoto-Protokolls wurde der Beitrag der Wälder zum Klimaschutz anerkannt und gleichzeitig die Möglichkeit eröffnet, die Forstwirtschaft am potenziellen Nutzen aus der Verwendung so genannter Waldsenkenzertifikate substantiell zu beteiligen, falls der Wald eine Senke ist. Zwischen der KP-Berichterstattung und den Emissionsreduktionsverpflichtungen Deutschlands besteht ein direkter Zusammenhang. Die Quantifizierung der Quellen- oder Senkenwirkung durch Waldbewirtschaftung wirkt sich direkt auf die Menge der im nationalen Maßstab zur Verfügung stehenden Emissionszertifikate aus. Dies gilt sowohl im Rahmen des europäischen Zertifikatehandels für den Zeitraum von 2008 bis 2012 als auch der entsprechenden weltweiten Systeme. Daraus ergeben sich finanzielle Folgen für den Bundeshaushalt, weil entweder zusätzliche Zertifikate zur Verfügung stehen (Senke) oder bereitgestellt werden müssen (Quelle).

1.2 Emissionsberichterstattung für den Sektor LULUCF

Die Treibhausgasberichterstattung erfolgt getrennt für die Sektoren Energie; Industrieprozesse; Lösemittel und andere Produktverwendung; Landwirtschaft; Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft; Abfall und Abwasser und Andere. Der Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (LULUCF) ist einer dieser sieben Sektoren, deren Berichterstattung zur UN-Klimarahmenkonvention in das Nationale System Emissionsinventare eingegliedert ist. Das Umweltbundesamt (UBA) fungiert als nationale Koordinierungsstelle der Emissionsberichterstattung, zu deren Aufgaben die Koordinierung und Information aller Teilnehmer des Nationalen Systems zählt. Daneben ist das UBA u. a. für die Planung, Erstellung und Archivierung der Inventare und die Beschreibung dieser in den Inventarberichten sowie die Qualitätskontrolle und –sicherung bei allen relevanten Prozessschritten verantwortlich. Für die Emissionsberichterstattung über den Sektor LULUCF ist das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) zuständig, welches das Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI) mit der Durchführung beauftragt hat. An der Konzeption, Weiterentwicklung und Umsetzung eines diesbezüglichen Berichtssystems auf wissenschaftlicher Basis wirken mehrere Institute des vTI mit, insbesondere das Institut für Agrarrelevante Klimaforschung und das Institut für Waldökologie und Waldinventuren. Aufgrund der Verflechtungen der Berichtszuständigkeiten innerhalb des Sektors LULUCF ist eine enge Koordination und Zusammenarbeit der beteiligten Institutionen notwendig, die in Abbildung 1 dargestellt ist.

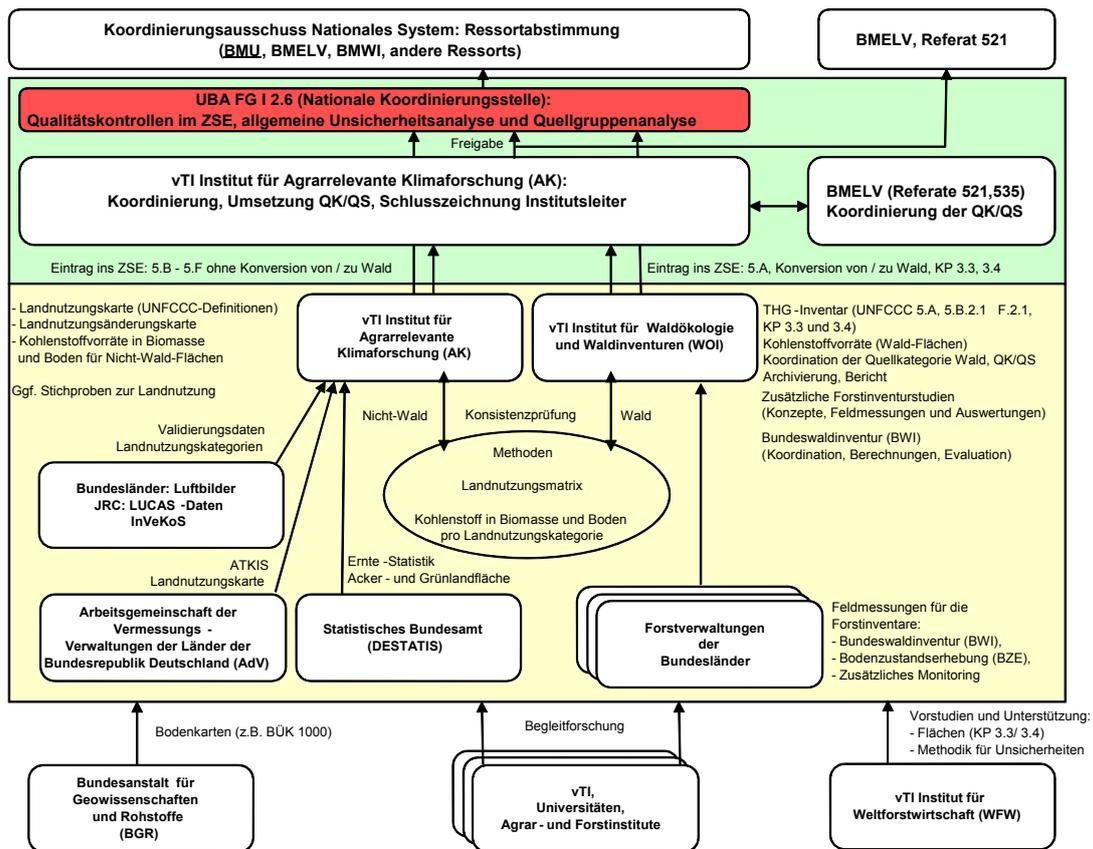


Abbildung 1: Zusammenwirken der verschiedenen Institutionen für die Emissionsberichterstattung des Sektors Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (LULUCF)

Die Emissionsberichterstattung für den Sektor LULUCF folgt dem Ansatz der Landnutzungskategorien. Mit diesem Ansatz ist eine konsistente Darstellung und Abdeckung aller geographischen Regionen eines Landes gewährleistet. Dabei werden die sechs Landnutzungskategorien Wald, Ackerland, Grünland, Feuchtland, Siedlungen und andere Landnutzungen ausgewiesen. Diese Unterteilung ist sowohl die Grundlage für die Erstellung der Emissionsinventare als auch die Verteilung der Zuständigkeiten innerhalb des vTI. So werden am Institut für Agrarrelevante Klimaforschung folgende Bereiche des Inventars erarbeitet:

- die Teile der Berichterstattung im Rahmen der Klimarahmenkonvention zu
 - Ackerland (incl. Landnutzungsänderungen zu Ackerland)
 - Grünland (incl. Landnutzungsänderungen zu Grünland)
 - Feuchtgebieten (incl. Landnutzungsänderungen zu Feuchtgebieten)
 - Siedlungsgebieten (incl. Landnutzungsänderungen zu Siedlungsgebieten)
 - andere Landnutzungen (incl. Landnutzungsänderungen zu anderer Landnutzung).

Das Institut für Waldökologie und Waldinventuren ist verantwortlich für:

- die Teile der Berichterstattung im Rahmen der Klimarahmenkonvention zu
 - Wäldern (incl. Landnutzungsänderungen zu Wald)
- die Teile der Berichterstattung nach dem Kyoto-Protokoll der Klimarahmenkonvention zu
 - Entwaldung (Artikel 3.3)
 - Aufforstung und Wiederbewaldung (Artikel 3.3)
 - Waldbewirtschaftung (Artikel 3.4).

In enger Zusammenarbeit erfolgt die Berichterstattung im Rahmen der Klimarahmenkonvention für folgende Bereiche:

- Landnutzungsänderungen von Wald zu Ackerland
- Landnutzungsänderungen von Wald zu Grünland
- Landnutzungsänderungen von Wald zu Feuchtgebieten
- Landnutzungsänderungen von Wald zu Siedlungsgebieten
- Landnutzungsänderungen von Wald zu anderer Landnutzung.

1.3 Emissionsberichterstattung für den Wald

Ein Arbeitsschwerpunkt am Institut für Waldökologie und Waldinventuren sind die mit der Treibhausgasberichterstattung verbundenen Arbeiten, insbesondere die Weiterentwicklung und Nutzbarmachung von Daten zu Waldflächen und deren Veränderung sowie die Abschätzung von Emissionen oder Festlegungen von Treibhausgasen in Wäldern. Dabei werden Treibhausgasemissionen in Form von Senken oder Quellen für die folgenden fünf Bereiche, die auch als „Pools“ bezeichnet werden, ausgewiesen:

- oberirdische lebende Biomasse,
- unterirdische lebende Biomasse,
- Totholz,
- Streu,
- organischer Bodenkohlenstoff.

Neben der jährlichen Emissions- oder Festlegungsrate an Kohlendioxid (CO₂) werden auch die bei Waldbränden, Drainage, Düngung und Landnutzungsumwandlungen zu Ackerland entstehenden Emissionen anderer Treibhausgase wie Lachgas (N₂O), Methan (CH₄), Stickoxide (NO_x) oder Kohlenmonoxid (CO) ermittelt.

Als Datengrundlage für die Inventarerstellung werden die Bundeswaldinventur und die Bodenzustandserhebung im Wald, aber auch Geodaten wie Bodenkarten, Fernerkundungsdaten und ATKIS verwendet. Darüber hinaus werden bei Bedarf auch zusätzliche Daten erhoben. In diesem Zusammenhang wurde zur Verbesserung der Datenlage im Hinblick auf die Anrechnung der Waldbewirtschaftung nach dem Kyoto-Protokoll im Jahre 2008 die Inventurstudie durchgeführt. Das Ziel der Inventurstudie 2008 war die Erfassung der Veränderung des Kohlenstoffvorrates in der lebenden Biomasse und im Totholz zwischen 2002 (Stichjahr der BWI 2) und 2008 (Anfangsjahr der ersten KP-Verpflichtungsperiode). Zusammen mit der BWI 3 (geplant für 2012) werden so auch die Veränderungen zwischen 2008 und 2012 (Endjahr der ersten KP-Verpflichtungsperiode und Stichjahr der BWI 3) erfasst.

Die Berichterstattung folgt den international verbindlichen Vorschriften und Regelwerken, die einer fortlaufenden Überarbeitung und Weiterentwicklung unterliegen. Für die aktuelle Berichterstattung sind die IPCC Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry (IPCC, 2003) verbindlich und gleichzeitig Voraussetzung für die Teilnahme am Emissionszertifikatehandel. Der ausreichend präzisen, detaillierten und methodisch korrekten Erfassung und Berechnung der Emissionen und Senken kommt daher eine erhebliche Bedeutung zu.

2 METHODIK

2.1 Flächenschätzungen

2.1.1 Definitionen

2.1.1.1 Waldfläche

Grundlage der Berichterstattung nach der Klimarahmenkonvention ist die Walddefinition der Bundeswaldinventur (BMVEL, 2001):

„Wald im Sinne der BWI ist, unabhängig von den Angaben im Kataster oder ähnlichen Verzeichnissen, jede mit Forstpflanzen bestockte Grundfläche. Als Wald gelten auch kahl geschlagene oder verlichtete Grundflächen, Waldwege, Waldeinteilungs- und Sicherungstreifen, Waldblößen und Lichtungen, Waldwiesen, Wildäsungsplätze, Holzlagerplätze, im Wald gelegene Leitungsschneisen, weitere mit dem Wald verbundene und ihm dienende Flächen einschließlich Flächen mit Erholungseinrichtungen, zugewachsene Heiden und Moore, zugewachsene ehemalige Weiden, Almflächen und Hutungen sowie Latschen- und Grünerlenflächen. Heiden, Moore, Weiden, Almflächen und Hutungen gelten als zugewachsen, wenn die natürlich aufgekommene Bestockung ein durchschnittliches Alter von fünf Jahren erreicht hat und wenn mindestens 50 % der Fläche bestockt sind. In der Flur oder im bebauten Gebiet gelegene bestockte Flächen unter 1.000 m², Gehölzstreifen unter 10 m Breite und Weihnachtsbaum- und Schmuckreisigkulturen sowie zum Wohnbereich gehörende Parkanlagen sind nicht Wald im Sinne der BWI. Wasserläufe bis 5 m Breite unterbrechen nicht den Zusammenhang einer Waldfläche.“

Für das Kyoto-Protokoll wird im deutschen Eröffnungsbericht die folgende Walddefinition in Übereinstimmung mit der FAO-Walddefinition verwendet:

- Fläche, die zu mehr als 10 % der Fläche von Bäumen überschirmt ist
- Kleinste zu berücksichtigende Fläche beträgt 0,1 ha
- Potenzielle Baumhöhe beträgt mindestens 5 Meter

Innerhalb der in den Marrakesh Accords gesetzten Grenzen kommt diese Definition der in der nationalen Waldinventur verwendeten am nächsten. Untersuchungen (Tomter et al., 2010) haben gezeigt, dass der Vergleich zwischen Berechnungen der Aktivitätsdaten nach den oben aufgeführten Definitionen zu vernachlässigbaren Unterschieden führt, weshalb sowohl für die Klimarahmenkonvention als auch für das Kyoto-Protokoll die gleichen Algorithmen zur Flächenschätzung zur Anwendung kamen.

Abweichend zur Walddefinition der Bundeswaldinventur wurden Flächen, die nach der BWI als Wald zählen, aber dort als Waldkategorie Nichtholzboden erfasst wurden und somit dauernd unbestockt sind, bei der Kohlenstoffvorrats- und -änderungsberechnung nicht berücksichtigt.

2.1.1.2 Landnutzungsflächen

Bei den Definitionen der Landnutzungsflächen im Wald muss zwischen der Berichtspflicht nach der Klimarahmenkonvention und dem Kyoto-Protokoll unterschieden werden (Tabelle 1).

Für die Klimarahmenkonvention wird die Kategorie „Wald“ nach den Good Practice Guidance for Land use, Land-use Change and Forestry (GPG-LULUCF, IPCC, 2003) und den offiziellen Berichtstabellen für die an das Klimasekretariat zu übermittelnden Treibhausgasinventare, dem „Common Reporting Format“ (CRF), in „Verbleibende Waldfläche“, d. h. Flächen die im Berichtszeitraum unverändert Wald bleiben (Forest Land remaining Forest land) und „Neuwald“, d. h. Flächen die durch Aufforstung oder natürliche Sukzession auf zuvor anderweitig genutzten Flächen entstanden sind (Land converted to Forest Land), unterteilt. Die Umwandlung von Wald in andere Landnutzungskategorien („Entwaldung“) wird nach der Klimarahmenkonvention in den entsprechenden Landnutzungskategorien berichtet.

Dabei ist zu beachten, dass nach den IPCC GPG-LULUCF (2003) „Neuwald“ mindestens 20 Jahre lang in dieser Kategorie bleibt und erst dann in die Kategorie „Verbleibende Waldfläche“ übergeht. Da keine gesamtdeutschen Daten für die Aufforstungsfläche vor 1990 zur Verfügung stehen, können erst ab diesem Zeitpunkt Neuwaldflächen berücksichtigt werden. Deshalb steigen die Flächen in den verschiedenen Landnutzungsklassen, die jeweils in Wald umgewandelt werden (= Neuwald), kontinuierlich an.

Für die Kyoto-Berichterstattung werden die Flächen in „Verbleibende Waldflächen“ (Forest Management), „Aufforstung“ (Afforestation/Reforestation) und „Entwaldung“ (Deforestation) unterteilt. Nach UNFCCC (1998) werden Flächen den Klassen „Aufforstung“ und „Entwaldung“ zugeordnet, wenn sie seit 1990 aufgeforstet bzw. entwaldet wurden. Diese Flächen bleiben bis zum Ende der ersten Verpflichtungsperiode in diesen Klassen, was einen kontinuierlichen Anstieg der Flächen dieser Klassen zur Folge hat. Bei der Klasse „Aufforstung“ wird nochmals unterschieden in „geerntet seit Beginn der Verpflichtungsperiode“ und „nicht-geerntet seit Beginn der Verpflichtungsperiode“. Allerdings gibt es in Deutschland keine Flächen, die nach 1990 aufgeforstet und schon wieder geerntet wurden.

Als „Verbleibende Waldfläche“ wird die Fläche bezeichnet, die im Berichtszeitraum unverändert Wald bleibt. Sie unterscheidet sich von der Gesamtwaldfläche durch das Weglassen der Neuwaldflächen, die in einer gesonderten Kategorie betrachtet werden.

Die Definitionen von Neu- und Wiederaufforstung sowie Entwaldung werden entsprechend der GPG-LULUCF (IPCC, 2003) verwendet. Die Ansiedlung von Bäumen auf aufgelassenem, von der bisherigen Bewirtschaftung ausgenommenem Land wird als Neuaufforstung (oder Wiederaufforstung) bezeichnet, insofern die Verjüngung in ausreichendem Maße vorhanden ist, um Wald gemäß der nationalen Walddefinition werden zu können. Der Zeitpunkt der Neuaufforstung (oder Wiederaufforstung) ist im Allgemeinen der Punkt, an dem die erste diesbezügliche Aktivität durchgeführt wurde. Im Fall einer spontanen Ansiedlung von Bäumen ist der Zeitpunkt der Neuaufforstung (oder Wiederaufforstung) der, wenn die nationalen Bedingungen zur Erfüllung der Walddefinition eingetreten sind. Demnach kann eine landwirtschaftliche Fläche von (bewirtschaftetem) Ackerland in unbewirtschaftetes Grasland und durch eine spontane Ansiedlung von Bäumen in (bewirtschafteten) Wald übergehen. Der letzte Landnutzungsübergang sollte als Neuaufforstung betrachtet werden. Allerdings sollte die spontane Ansiedlung von Bäumen auf Flächen, die nie bewirtschaftet wurden, nicht als Neuaufforstung betrachtet werden, wie z. B. die Ansiedlung von Bäumen in alpinen Regionen bedingt durch den

Temperaturanstieg. Da die dazu notwendigen Datengrundlagen nicht vorhanden sind, wird zwischen Neu- und Wiederaufforstung nicht unterschieden.

Da Deutschland ein dicht besiedeltes und intensiv bewirtschaftetes Land ist, wird jede Bildung von Neuwald oder Entwaldung als menschlich verursacht betrachtet. Auch die Bildung von Wald auf aufgelassenem Acker- oder Weideland durch Sukzession wird als menschlich verursachte Neuwaldbildung betrachtet, da dieser eine aktive Entscheidung (Aufgabe der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung) direkt vorangeht.

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Landnutzungsklassen nach Klimarahmenkonvention und Kyoto-Protokoll (nach IPCC 2003)

Landnutzungsklasse nach		
Klimarahmenkonvention		Kyoto-Protokoll
englisch (Original, international gebräuchlich)	Übersetzung	
Forest land remaining forest land	Verbleibende Waldfläche	Waldbewirtschaftung
Cropland converted to forest land	Ackerland zu Wald	Aufforstung/Wiederbewaldung
Grassland converted to forest land	Grünland zu Wald	Aufforstung/Wiederbewaldung
Wetland converted to forest land	Feuchtgebiet zu Wald	Aufforstung/Wiederbewaldung
Settlement converted to forest land	Siedlung zu Wald	Aufforstung/Wiederbewaldung
Other land converted to forest land	Andere Landnutzungsklasse zu Wald	Aufforstung/Wiederbewaldung
Forest land converted to cropland	Wald zu Ackerland	Entwaldung
Forest land converted to grassland	Wald zu Grünland	Entwaldung
Forest land converted to wetlands	Wald zu Feuchtgebiet	Entwaldung
Forest land converted to settlement	Wald zu Siedlung	Entwaldung
Forest land converted to other land	Wald zu anderer Landnutzungsklasse	Entwaldung

2.1.2 Datengrundlage

Zur Ermittlung der Waldflächen, der eingetretenen Landnutzungsänderungen, der Schätzung der Emissionsfaktoren für Boden, Biomasse, Streu und Totholz sowie für die Berechnung der Kohlenstoffvorräte und -veränderungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten bzw. in verschiedenen Zeiträumen wurden folgende Datenquellen benutzt:

- Bundeswaldinventur 1 (BWI 1)
- Bundeswaldinventur 2 (BWI 2)

- Inventurstudie 2008 (IS08)
- Datenspeicher Waldfonds (DSWF)
- Bodenzustandserhebung im Wald I (BZE I)
- Bodenzustandserhebung im Wald II (BZE II)
- Bodeninventurdaten des Projektes BioSoil (BioSoil)
- GSE Forest Monitoring: Inputs für die Nationale Treibhausgasberichterstattung (GSE FM-INT)¹
- Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem (ATKIS)
- Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000 (BÜK 1000)
- Waldbrandstatistik der Bundesrepublik Deutschland
- Düngemittelstatistik vom Statistischen Bundesamt

2.1.2.1 Bundeswaldinventur, Inventurstudie 2008 und Datenspeicher Waldfonds

Die Bundeswaldinventur erfasst die großräumigen Waldverhältnisse und forstlichen Produktionsmöglichkeiten auf Stichprobenbasis nach einem einheitlichen Verfahren in ganz Deutschland. Sie ist eine terrestrische Stichprobeninventur mit permanent markierten Probepunkten in einem 4 km x 4 km Grundnetz, das auf Wunsch der Bundesländer regional verdichtet wurde². Die erste Bundeswaldinventur (BWI 1) erstreckte sich nur über das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in ihren Grenzen vor 1990 und Westberlin und wurde in dem Zeitraum 1986 bis 1989 (Stichjahr 1987) durchgeführt. Die Daten der zweiten Bundeswaldinventur (BWI 2) wurden in den Jahren 2001 bis 2002 (Stichjahr 2002) als Wiederholungsinventur in den alten Bundesländern und als Erstinventur in den neuen Bundesländern erhoben (BMVEL, 2001, BMELV, 2005a).

Um aktuelle Daten zum Zustand des Waldes zu Beginn der Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls zu ermitteln, wurde im Jahr 2008 auf einem Stichprobenetz von 8 km x 8 km die Inventurstudie 2008 (IS08) durchgeführt (Schwitzgebel et al., 2009, BMELV, 2010). Weiterführende Informationen sind im Kapitel 2.2 zu finden.

Der Datenspeicher Waldfonds (DSWF) enthält flächendeckende Forsteinrichtungsdaten für das Gebiet der DDR bis 1993. Diese Daten wurden in periodischen Abständen erhoben und jährlich mit Wachstumsmodellen fortgeschrieben sowie nach Vollzugs- und Änderungsmeldungen der Forstbetriebe aktualisiert (BMELF, 1994).

2.1.2.2 Bodenzustandserhebung im Wald (BZE und BioSoil)

Zur Bestimmung der Kohlenstoffemissionen aus Waldböden wurde die Vorratsänderungsmethode (stock-change-method, IPCC 2003) basierend auf den Daten der drei bodenkundlichen Inventuren BZE I, BioSoil und BZE II angewandt. Die Datenerhebung der BZE I erfolgte von 1987 bis 1992, BioSoil

¹ GSE =GMES Service Element (GMES = Global Monitoring for Environment and Security)

² weitere Informationen: <http://www.bundeswaldinventur.de>

von 2006 bis 2007 und der BZE II von 2006 bis 2008 jeweils durch die Bundesländer. Bei allen drei Inventuren wurden sowohl die gesamte organische Auflage, im folgendem nach IPCC (2003) Streu genannt, als auch der Mineralboden beprobt.

Bei der BZE I (Wolff & Riek, 1996) und BZE II (Wellbrock et al., 2006) wurden Waldböden deutschlandweit in einem Raster von 8 km x 8 km beprobt. Dazu wurden an jedem Rasterpunkt in einem Radius von 10 m acht Satellitenproben um eine zentrale Bodengrube mit freigelegtem Bodenprofil genommen. Die Anzahl der Rasterpunkte betrug bei der BZE I 1.800 und bei der BZE II 2.000. Die Unterschiede in der Stichprobenanzahl zwischen beiden Inventuren erklären sich v. a. dadurch, dass Flächen betreten werden durften, bei denen zuvor keine Zutrittserlaubnis vorlag (z. B. sind alte Truppenübungsplätze jetzt zugänglich). Im Zeitraum der BZE II wurde parallel die BioSoil-Erhebung (UNECE, 2006) an 425 Punkten in einem Raster von 16 km x 16 km durchgeführt. Probenahme- und Analysemethodik entsprachen der Methodik der BZE II. Die Rasterpunkte der drei Inventuren lagen zum Großteil jeweils innerhalb eines Radius von 30 m. Bei ca. 400 Punkten ist es zu einer systematischen Rasterverschiebung gegenüber der BZE I gekommen, da das BZE I-Stichprobennetz im Bundesland Bayern für die BZE II-Erhebungen auf das BWI-Netz verschoben wurde und für die BioSoil-Punkte in Baden-Württemberg keine entsprechenden BZE I-Punkte vorlagen.

Während für die BZE I eine Datenbank mit ca. 1.800 Punkten vorliegt, für die die Kohlenstoffvorräte für die Streu und den Mineralboden (0 – 30 cm) berechnet wurden (Wolff & Riek, 1996), ist die Übermittlung der Daten aus den BZE II-Erhebungen von den Bundesländern an eine gemeinsame Bundesdatenbank gegenwärtig noch nicht abgeschlossen. Für die BZE II liegen Daten von ca. 950 Rasterpunkten für die Kohlenstoffvorratsberechnung vor. Zusammen mit den BioSoil-Datensätzen ergaben sich ca. 1.100 Rasterpunkte, an denen für die Jahre 2006 und 2007 Vorräte berechnet werden konnten. Die Analysen und deren Bewertung mit den Länderexperten sind noch nicht abgeschlossen.

2.1.2.3 GSE Forest Monitoring: Inputs für die Treibhausgasberichterstattung

Das Projekt GSE Forest Monitoring ist Bestandteil der Erdbeobachtungsinitiative für die Globale Umwelt- und Sicherheitsüberwachung (Global Monitoring for Environment and Security = GMES), die 1998 von der Europäischen Kommission und der Europäischen Weltraumorganisation (European Space Agency = ESA) gegründet wurde. Im Rahmen des Projektes GSE Forest Monitoring wurde für das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz die Dienstleistung „Wald Monitoring: Inputs für die Nationale Treibhausgasberichterstattung (GSE FM-INT)“ durchgeführt. Als Ergebnis dieses Dienstes wurden u. a. Karten zur Waldbedeckung, Landnutzung und Landnutzungsänderungen für die Zeitpunkte 1990 und deren Veränderungen bis 2002 bzw. 2005/06, Flächenstatistiken sowie Fehleranalysen für die neuen Bundesländer zur Verfügung gestellt (GSE, 2003, GSE, 2006, GSE, 2007, GSE, 2009).

2.1.2.4 Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem (ATKIS)

Das Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem wurde zum Zwecke der digitalen Haltung der Ergebnisse der topographischen Landesaufnahme und der amtlichen topographischen Karten von den Landesvermessungsämtern und dem Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) aufgebaut. Es wird ständig weiterentwickelt und durch neu erfasste Landnutzungsänderungen bei den Landesvermessungsämtern ergänzt.

2.1.3 Bestimmung der Waldfläche und der Veränderung für die alten Bundesländer

Die Daten der ersten Bundeswaldinventur wurden auf dem Gebiet der alten Bundesländer zum Stichjahr 1987 erfasst. Zum Stichjahr 2002 wurden im Rahmen der zweiten BWI diese Stichprobenpunkte wiederholt aufgenommen und zusätzlich die Waldflächen der neuen Bundesländer erstmalig inventarisiert. Dadurch kann die Waldveränderung inklusive der Umwandlung von bzw. in andere Landnutzungsklassen für die alten Bundesländer quantifiziert werden. Dies erfolgt durch die Bestimmung der Landnutzungskategorien des Stichprobenpunktes zum Zeitpunkt der BWI 1 und der BWI 2 und der daraus abzuleitenden gleichbleibenden oder sich ändernden Landnutzung. Jeder Stichprobenpunkt repräsentiert eine Fläche, über die die Waldfläche bzw. Flächenveränderung bestimmt werden kann. Für die neuen Bundesländer liegt nur die Erfassung des Zustandes zum Zeitpunkt 2002 vor, so dass keine Veränderungen der Waldflächen hergeleitet werden konnten.

Die Entwicklung der Gesamtwaldfläche und der einzelnen Veränderungsklassen wurde mittels Interpolation für den Zeitraum von 1987 bis 2002 ausgehend von den Daten der BWI 1 und BWI 2 abgeleitet. Für diesen Zeitraum wurde für jedes Jahr die gleiche Veränderungsrate zu Grunde gelegt. Dabei finden sich gegenseitig kompensierende Entwicklungen keine Berücksichtigung. Diese Veränderungen werden bis 2009 extrapoliert. Die Flächen der Veränderungsklassen werden akkumuliert, da diese 20 Jahre in der entsprechenden Klasse verbleiben.

2.1.4 Bestimmung der Waldfläche und der Veränderung für die neuen Bundesländer

Die GSE-Karten enthalten die Flächenveränderungen der neuen Bundesländer von 1990 bis 2005/06. Die einzige Ausnahme bildet der Osten des Bundeslandes Sachsens, welcher für den Zeitraum von 1990 bis 2002 erfasst wurde. Für die einzelnen Jahre wurde analog zum Vorgehen bei den alten Bundesländern eine konstante jährliche Veränderung angenommen und mittels Interpolation zwischen den Jahren 1990 und 2005 und Extrapolation zwischen 2005 und 2009 berechnet. Da Neuwaldflächen 20 Jahre in der entsprechenden Veränderungsklasse verbleiben, werden die Flächen akkumuliert.

2.2 Inventurstudie 2008

2.2.1 Inventurdesign

Für die Inventurstudie war ein Inventurdesign zu erstellen, welches sich aus Effizienzgründen an die BWI 2 anlehnt. Es sollte sowohl der Ansatz einer systematischen Stichprobe aber auch eine Ergänzung durch zusätzliche Stichproben im Hinblick auf die Verbesserung der Schätzung des Zielmerkmals „Veränderung des Vorrates innerhalb der Verpflichtungsperiode“ durch Stratifizierung geprüft werden.

Für die Berichterstattung im Rahmen des Kyoto-Protokolls wurde eine Minimierung des Schätzfehlers bezüglich der Veränderung des Kohlenstoffvorrates im Wald angestrebt. Durch eine hohe Anzahl von Stichprobenpunkten ist einerseits eine Reduzierung des Stichprobenfehlers möglich. Auf der anderen Seite ist die Zahl der aufzunehmenden Punkte durch ein gegebenes Budget beschränkt. Hier galt es, einen geeigneten Kompromiss zu finden. Deshalb wurden auf Grundlage der BWI 2-Daten

Stichprobennetze mit verschiedenen Verdichtungsvarianten miteinander verglichen. Dabei wurde auch die Möglichkeit der Reduzierung der an einem Trakt aufzunehmenden Ecken geprüft, die jedoch aus der daraus folgenden Verschlechterung des Verhältnisses der Kosten zu der zu erwartenden Genauigkeit verworfen wurde.

Folgende Stichprobennetze wurden geprüft:

- Variante 1: Systematische Stichproben in einem 8 km x 8 km-Netz
- aufbauend auf dem 4 km x 4 km-Grundnetz der BWI

- Variante 2: Systematische Stichproben in einem 8 x 12 km-Netz
- aufbauend auf dem 4 km x 4 km-Grundnetz der BWI
 - nicht mit dem 8 km x 8 km- und 16 km x 16 km-Netz kompatibel
 - 8 km Rechtswert – 12 km Hochwert

- Variante 3: Systematische Stichproben in einem 8 km x 16 km-Netz
- aufbauend auf dem 8 km x 8 km-Netz der Variante 1
 - 8 km Rechtswert – 16 km Hochwert

- Variante 4: Systematische Stichproben in einem 16 km x 16 km-Netz
- aufbauend auf dem 8 km x 8 km-Netz der Variante 1.

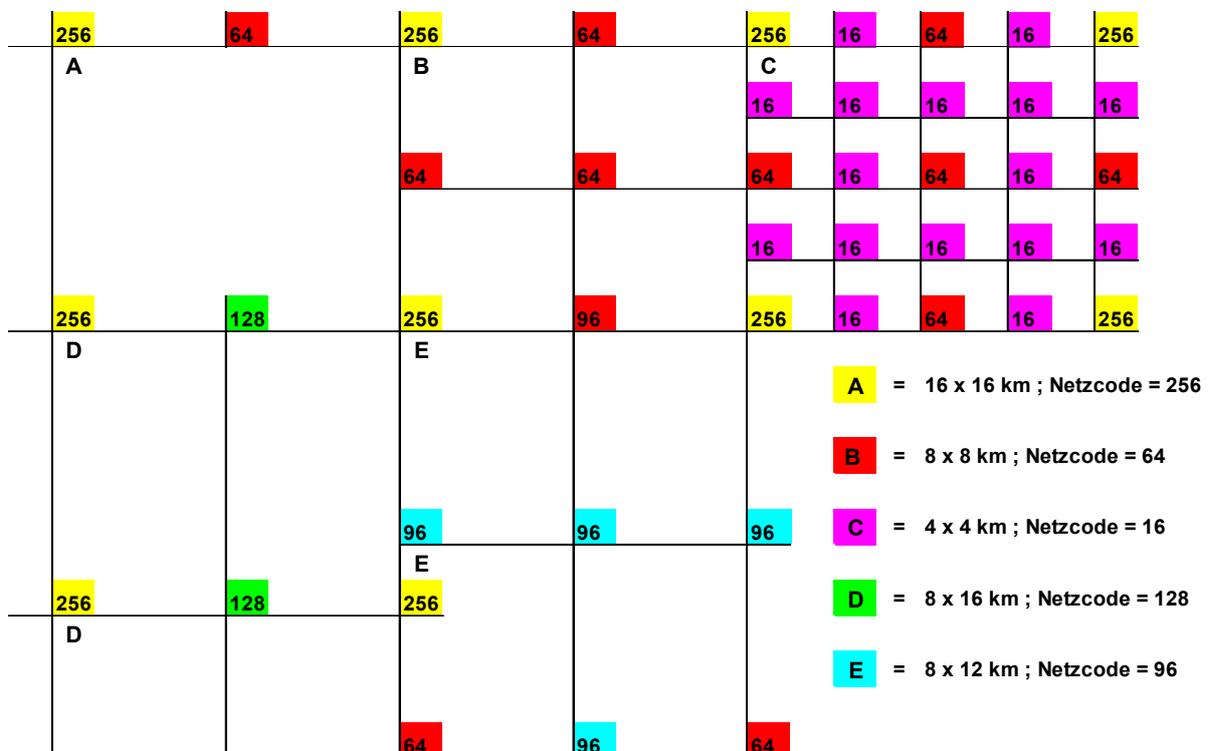


Abbildung 2: Schematische Darstellung der verschiedenen Stichprobennetze (Variante 1 = B = 8 km x 8 km-Netz, Variante 2 = E = 8 km x 12 km-Netz, Variante 3 = D = 8 km x 16 km-Netz, Variante 4 = A = 16 km x 16 km-Netz)

Eine schematische Darstellung der verschiedenen Stichprobenetze, die auf Grundlage der BWI 2 für die IS08 analysiert wurden, ist in Abbildung 2 und eine Übersicht der Trakt- und Eckenanzahl sowie statistische Kennwerte für die Netzvarianten ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Vorabschätzung auf Grundlage der BWI 2 (2002) für Trakt- und Eckenanzahl sowie Vorrat je Hektar und Stichprobenfehler für die 8 km x 8 km-, 8 km x 12 km-, 8 km x 16 km- und 16 km x 16 km-Netze

	8 x 8 km²-Netz (Variante 1)	8 x 12 km²-Netz (Variante 2)	8 x 16 km²-Netz (Variante 3)	16 x 16 km²-Netz (Variante 4)
Anzahl Trakte(alle)	5601	3738	2806	1395
Anzahl Ecken(alle)	22365	14926	11204	5564
Anzahl Trakte (Wald)	2348	1603	1142	571
Anzahl Ecken (Wald)	6636	4518	3241	1621
Vorrat in m ³ /ha	307,35	312,76	308,21	312,35
Varianz des Vorrates	12,20	19,77	26,52	51,98
%-Stichprobenfehler	1,14	1,42	1,67	2,31

Mit der Variante 1 wird der kleinste Stichprobenfehler erreicht und der Arbeitsumfang und die damit verbundenen Kosten liegen im vorgegebenen Budget. Deshalb wurde die Variante 1 mit systematischen Stichproben in einem 8 km x 8 km-Netz ausgewählt und bei der Inventurstudie angewendet. Der dabei auftretende prognostizierte prozentuale Fehler liegt bei 1,14 % und lässt den bei der Veränderungsrechnung auftretenden Fehler in einer vertretbaren Größenordnung für die Berichterstattung erwarten. Nach Auswertung der IS08-Daten konnte der tatsächliche Stichprobenfehler mit 1,0 % ermittelt werden.

Nach dem Vorliegen der Daten der IS08 wurden weiterführende Analysen bezüglich des Inventurdesigns durchgeführt. Bei der alleinigen Betrachtung des Ratioschätzers zum hektarbezogenen Zustand des Vorrates im 8 km x 8 km-Netz für den Zeitpunkt 2008 wurde die Traktgröße um ein, zwei oder drei Traktecken reduziert und Schätzungen für unterschiedliche Traktdesigns, beginnend mit vollständigen quadratischen Trakten (1234³) hin zu drei (124, 134, 234, 123) bzw. zwei Traktecken (12, 13, 14, 23, 24, 34) bis zur einfachen Punktstichprobe (Traktecke 1 oder 2 oder 3 oder 4) durchgeführt (Abbildung 3). Mit der Reduktion der Traktgröße geht eine leichte Verringerung der Schätzgenauigkeit um maximal 0,1 Prozentpunkte einher, jedoch schließen alle Varianten den Mittelwert der Variante 1234 ein. Die Schätzungen sind somit äquivalent, d. h. sie unterscheiden sich nicht signifikant.

³ Ein Trakt besteht aus vier Traktecken, die mit den Ziffern 1 bis 4 bezeichnet werden.

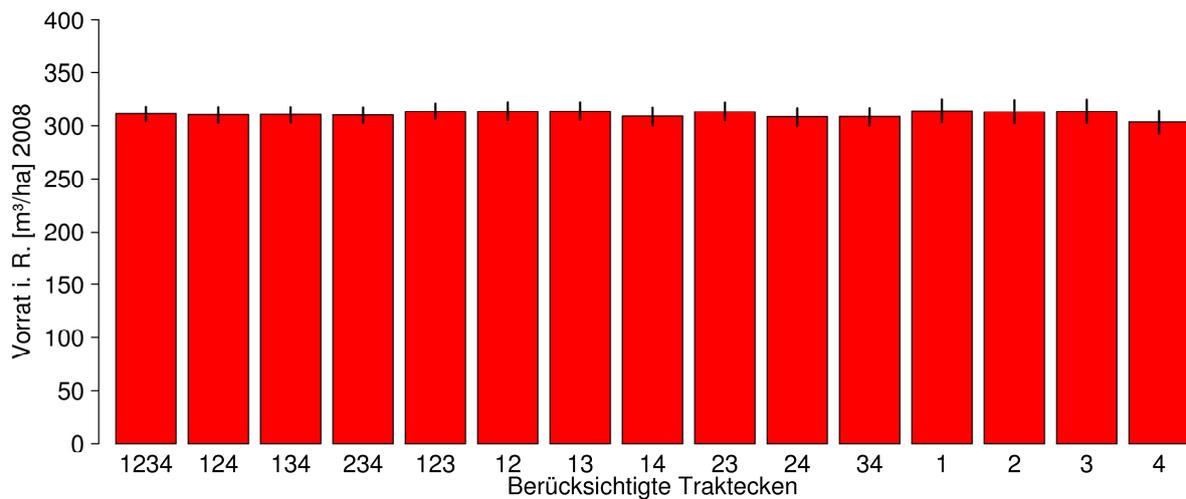


Abbildung 3: Schätzung inkl. 95%igem Vertrauensintervall des mittleren Vorrates [m³/ha] zum Zeitpunkt 2008 für Deutschland über alle Waldarten, Schichten, Eigentums- und Begebarkeitsklassen hinweg. Die Schätzungen wurden für unterschiedliche Anzahl von Traktecken, symbolisiert durch die Zahlen in der Abszisse, durchgeführt.

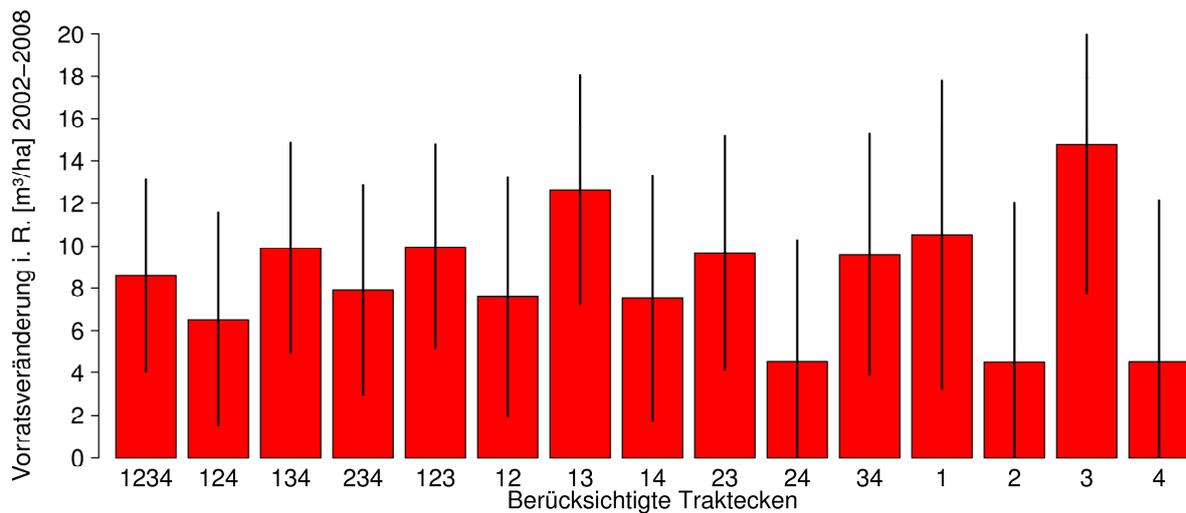


Abbildung 4: Schätzung inkl. 95%igem Vertrauensintervall der Veränderung des mittleren Vorrates [m³/ha] innerhalb der Inventurperiode 2002 – 2008 für Deutschland über alle Waldarten, Schichten, Eigentums- und Begebarkeitsklassen hinweg. Die Schätzungen wurden für unterschiedliche Anzahl von Traktecken, symbolisiert durch die Zahlen in der Abszisse, durchgeführt.

Ganz anders verhält es sich jedoch bei der Veränderung des Ratioschätzers zum mittleren Vorrat (Abbildung 4). Mit der Reduktion der Traktgröße geht eine deutliche Verringerung der Schätzgenauigkeit einher, jedoch schließen alle Varianten den Mittelwert der Variante mit allen Traktecken (1234) ein, weichen jedoch um bis zu 50 % voneinander ab. Die Schätzungen sind somit äquivalent, d. h. sie unterscheiden sich nicht signifikant. Allerdings schließen die Vertrauensintervalle von drei Untervarianten den Wert „0“ mit ein, so dass deren Veränderungs-schätzungen nicht signifikant sind. Der Stichprobenfehler steigert sich in Abhängigkeit der Traktgröße und des Traktdesigns um bis zu 3 Prozentpunkte.

Da bei der Treibhausgasberichterstattung der Fokus auf den Veränderungen in den einzelnen Kohlenstoffpools und Landnutzungs- sowie Landnutzungsänderungsklassen liegt und diese mit einem möglichst geringen Fehler geschätzt werden sollen, ist eine Reduktion der Traktecken pro Trakt nicht zielführend.

2.2.2 Aufnahmeparameter und Aufnahmeverfahren

Die Aufnahmen für die Inventurstudie 2008 erfolgten in einem systematischen Rasternetz mit einer Rasterweite von 8 Kilometern, das auf dem 4 km x 4 km-Grundnetz der Bundeswaldinventur basiert. Die Stichproben (Trakte) liegen an den Schnittpunkten dieses bundesweiten Gitternetzes (Abbildung 5). Jeder Trakt besteht aus einem Quadrat mit einer Seitenlänge von 150 m und ist mit seiner südwestlichen Ecke in dieses 8 km x 8 km-Rasternetz eingehängt. Wenn mindestens eine der vier Traktecken im Wald lag, wurde der Trakt als Waldtrakt eingestuft und auf den Ecken im Wald die vorgesehenen Aufnahmen durchgeführt (Abbildung 6).

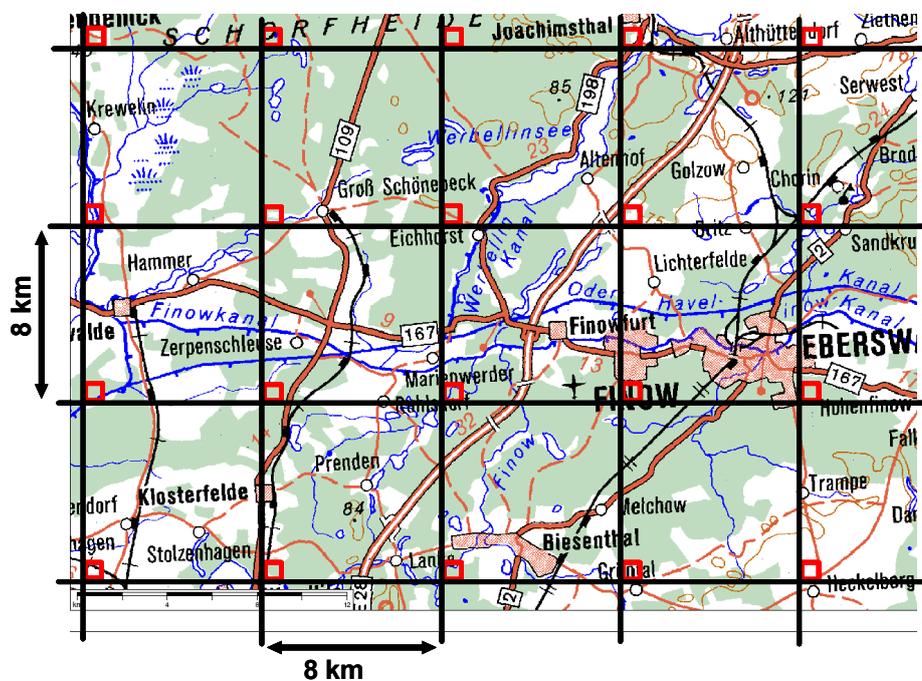


Abbildung 5: Lage der Stichproben der Inventurstudie 2008 im 8 km x 8 km-Rasternetz (nicht maßstabsgerecht)

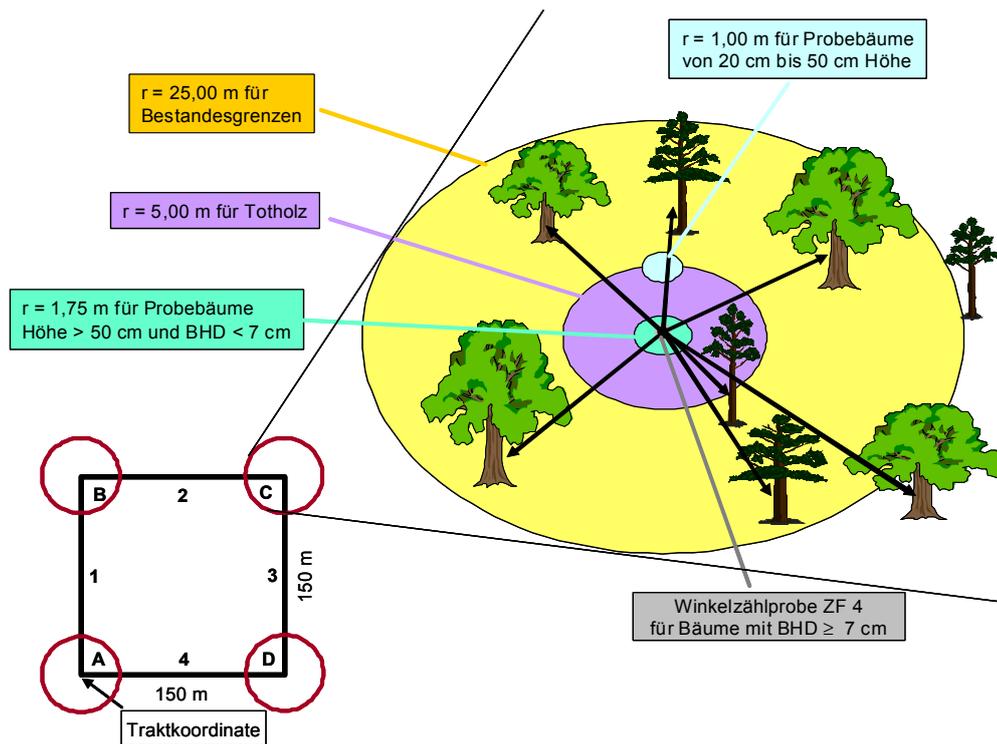


Abbildung 6: Traktaufbau und Aufnahmeschema der Inventurstudie

Die Datenerhebung erfolgte jedoch nur auf Traktecken, die bereits zum Zeitpunkt der BWI 2 Wald waren, da durch den gegebenen Zeitrahmen keine Ressourcen für eine Traktvorklärung zur Erfassung von Neuwald-Trakten zur Verfügung standen. Die Aufnahme von neu bewaldeten Traktecken hätte zudem eine dauerhafte Vermarkung der Ecken erforderlich gemacht, was einerseits mit einem Eingriff in länderhoheitliche Befugnisse verbunden gewesen wäre, andererseits aufgrund unterschiedlicher Markierungstechniken in den Bundesländern logistisch einen unverhältnismäßig hohen Aufwand erfordert hätte. Somit wurden Erstaufforstungen und Wiederbewaldungen nach 2002 nicht erfasst. Ebenso wurden nicht begehbbare Waldflächen bei der Datenerhebung der IS08 nicht berücksichtigt.

Das Aufnahmeverfahren der IS08 entspricht weitgehend dem der BWI 2, konzentriert sich aber auf die Erhebung der Parameter, die für die Ermittlung der Biomasse erforderlich sind. Im Wesentlichen sind dies:

- Winkelzählprobe mit Zählfaktor (ZF) 4, Einmessung der Probebäume ab 7 cm BHD und Messung der Brusthöhendurchmesser;
- Messung der oberen Durchmesser (D7) und der Baumhöhen an einzelnen Probebäumen;
- Erfassung der Verjüngung unter 7 cm BHD nach Größenklassen in je einem Probekreis mit 1,0 m und 1,75 m Radius;
- Totholzaufnahme ab einer Erfassungsgrenze von 10 cm Durchmesser am dickeren Ende in einem Probekreis mit 5,0 m Radius.

Durch das gewählte Inventurverfahren wurde die Vergleichbarkeit zur zurückliegenden BWI 2 sowie zur geplanten BWI 3 gewährleistet und somit eine wesentliche Voraussetzung zur Anwendung der sogenannten „stock-change“-Methode geschaffen, mit der die Emissionen (Quellen oder Senken) aus

der oberirdischen Biomasse ermittelt werden. Dabei werden zu Beginn und am Ende der ersten Verpflichtungsperiode aus Biomassevorräten die Kohlenstoffvorräte abgeleitet und miteinander verglichen. Aus der Differenz werden dann die CO₂-Emissionen berechnet (siehe auch Kapitel 2.3.1).

Eine detaillierte Beschreibung des Aufnahmeverfahrens lässt sich der Aufnahmeanweisung zur Inventurstudie 2008 entnehmen (BMELV, 2010).

2.2.3 Datenauswertung

Die Auswertungen der Inventurstudie beruhen auf den für die BWI 2 entwickelten Verfahren (Schmitz et al., 2008). Sie werden grundsätzlich in zwei Phasen unterteilt:

- Datenableitungen für einzelne Objekte wie z. B. Volumen, Standfläche, Biomasse eines Baumes,
- Aggregieren von Daten über verschiedene Aggregationsebenen (Hochrechnen).

Für das Ableiten der Merkmale wurden die gleichen Funktionen bzw. Modelle wie bei der BWI 2 verwendet.

Das Aufnahmeverfahren der IS08 weist gegenüber dem der BWI 2 einige Besonderheiten auf, die bei der Auswertung der Inventurergebnisse zu beachten sind. Im Folgenden werden einige methodische Hintergründe erläutert, die auch für das Verständnis und die Interpretation der Ergebnisse von Bedeutung sind.

Da die IS08 nur ein Viertel des Grundnetzes der BWI-Stichprobe bzw. 12 % der regional verdichteten Stichprobe der BWI 2 umfasst, sind die Ergebnisse mit größeren Stichprobenfehlern behaftet. Deshalb wurde auf Aussagen für einzelne Bundesländer verzichtet. Der in den Ergebnistabellen zu jedem Wert angegebene Stichprobenfehler ist der Bereich, in dem der wahre Wert der Grundgesamtheit mit einer Wahrscheinlichkeit von 68 % zu erwarten ist.

Für die Ermittlung von Veränderungen sowie Holzzuwachs und Holznutzung wurden all jene Traktecken verwendet, die zum gemeinsamen Stichprobenetz der BWI 2 und der IS08 gehören und die bei beiden Aufnahmen zum begehbaren Holzboden gehören (Schnittmenge). Als nicht begehbare Flächen gelten neben nicht zugänglichen Flächen auch Flächen mit Betretungsverbot bzw. nicht wiedergefundene Ecken. Der Anteil der nicht begehbaren Flächen war bei der IS08 höher als bei der BWI 2, weil es mehr Betretungsverbote gab (Kapitel 2.2.4). Im Gegensatz zu Veränderungsrechnungen zwischen BWI 1 und BWI 2 wurden bei Veränderungsrechnungen zwischen BWI 2 und IS08 keine Korrekturen für fehlende Daten bzw. nicht aufgenommene Ecken vorgenommen. Diese sind nur bei Auswertungen bezogen auf die Vereinigungsmenge einer Fläche sinnvoll. Die Ergebnisse der IS08 basieren auf einer kleineren Fläche als bei der BWI 2 - der Schnittmenge des begehbaren Holzbodens anstatt der Vereinigungsmenge des begehbaren Holzbodens. Aus diesem Grund sind die Gesamtwerte, wie Fläche [ha], Vorrat [m³], Biomasse [t], Kohlenstoff [t] sowie deren Zuwächse (z. B. Bruttozuwachs an Vorrat [m³] oder Biomasse [t] bzw. Kohlenstoff [t]) oder Abnahmen (z. B. Holznutzung), schon aus methodischen Gründen etwas geringer als bei dem BWI 2-Vorgehen. Bei Ratioschätzern, wie Vorrat [m³/ha] oder Kohlenstoff [t/ha], tritt dieser Effekt nicht auf. Das hat zur Konsequenz, dass die vor 2008 veröffentlichten Ergebnisse der BWI 2 bzw. des Zeitraumes BWI 1 - BWI 2 nicht direkt mit den

Ergebnissen IS08 bzw. BWI 2 - IS08 verglichen werden dürfen. Für die Gegenüberstellung beider Inventurergebnisse wurden die Daten der BWI 2 mit gleichen Methoden wie bei der IS08 neu berechnet. Damit wurden methodische Unterschiede weitestgehend eliminiert.

Der Stichtag der Inventur ist der 01.10.2008. Seit den Aufnahmen zur BWI 2 sind im Durchschnitt sieben Jahre vergangen. Bei der Auswertung wurde jedoch für jeden Trakt die jeweilige Periodenlänge zwischen den beiden Aufnahmen berücksichtigt. Damit wird ein korrekter Zeitbezug für jährliche Zuwachs- und Nutzungsmengen sowie Flächen- und Vorratsänderungen hergestellt.

Die Eigentumsart an den Traktecken wurde für die IS08 nicht neu ermittelt, sondern von der BWI 2 übernommen. Deshalb beziehen sich die Angaben für Eigentumsarten auf den Eigentumsstand im Jahr 2002. Nach einer Analyse der Eigentumsveränderungen zwischen der BWI 1 und der BWI 2 ist davon auszugehen, dass die Eigentumsart auf 99 % der Fläche unverändert ist. Eine Ausnahme bildet der Treuhandwald, der zum größten Teil privatisiert wurde. Deshalb sind bei der Inventurstudie 2008 Privat- und Treuhandwald zusammen ausgewertet worden.

Mischwälder und ungleichaltrige Waldstrukturen werden rechnerisch in gleichaltrige Reinbestände zerlegt. Dazu wird jedem Baum im Hauptbestand in Abhängigkeit von seinem Brusthöhendurchmesser und der Baumart eine Standfläche zugewiesen. Bäume im Nebenbestand teilen sich ihren Standraum mit dem Hauptbestand. Nur die Gesamtfläche aller Bäume einer Baumart des Hauptbestandes wird als „ideeller Reinbestand“ betrachtet. Auch ideale Altersklassenflächen werden auf diese Weise gebildet. Die hektarbezogenen Angaben nach Baumartengruppen und Altersklassen beziehen sich auf die Fläche dieser ideellen gleichaltrigen Reinbestände. Im Gegensatz dazu wird für Durchmesserstufen keine eigene Fläche ausgewiesen. In den Tabellen nach Baumartengruppen und Durchmesserstufen beziehen sich die hektarbezogenen Werte auf die Fläche der Baumart. Blößen und Lücken sind Flächen im Wald, die keiner Baumart oder Altersklasse zugeordnet werden können. Bei den hektarbezogenen Angaben für alle Baumarten bzw. alle Altersklassen sind in der Bezugsfläche auch die Blößen und Lücken mit enthalten.

2.2.4 Organisation und Durchführung

Das für die Erstellung des Treibhausgasinventars Wald zuständige Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) beauftragte das Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei (vTI) mit der Organisation und der Durchführung der deutschlandweiten forstlichen Großrauminventur. Damit lag die Inventurstudie 2008 in der Alleinverantwortlichkeit des Bundes.

Dem Institut für Waldökologie und Waldinventuren im vTI oblag die Inventurleitung und damit die gesamte Planung und Leitung der Inventurstudie ebenso wie die Durchführung der Feldaufnahmen, die Qualitätskontrolle und die abschließende Auswertung und Veröffentlichung der Inventurdaten. Zur Klärung spezieller Fragestellungen wurde es dabei vom Institut für Weltforstwirtschaft des vTI unterstützt.

Anders als bei der BWI war bei der IS08 das Betretungsrecht zur Durchführung der Aufnahmen nicht gesetzlich garantiert. Daher wurde im Vorfeld für die Eigentumsarten Privat- und Körperschaftswald eine Eigentümerbefragung durchgeführt. Für 4.514 Traktecken wurden die erforderlichen Eigentümerinformationen anhand der Trakteckenkoordinaten bei den Landesvermessungsämtern der

Bundesländer bzw. den zuständigen Katasterämtern kostenpflichtig erfragt. Für 195 Traktecken war die Ermittlung der Eigentümer nicht möglich. Letztlich wurden 3.226 Waldeigentümer schriftlich über das Vorhaben informiert und gebeten, den Inventurtrupps das Betreten der Waldflächen zum Zwecke der Aufnahmen zu gestatten. In Einzelfällen wurde das Betretungsrecht vom Waldeigentümer verweigert, was dazu führte, dass die begehbbare Waldfläche bei der Inventurstudie etwas kleiner ist als bei der BWI 2.

Die Feldaufnahmen wurden in 15 Losen (Abbildung 7) im Rahmen eines offenen Verfahrens europaweit ausgeschrieben und an forstliche Dienstleistungsunternehmen vergeben. Nach einer einwöchigen Truppschulung wurden die Aufnahmen in Teams aus je einem Truppführer und einem Messgehilfen durchgeführt. Aufnahmebeginn war Anfang Juli 2008. Die letzten Traktecken wurden Mitte März 2009 bearbeitet. Als Stichtag der Inventurstudie wurde der 01.10.2008 festgelegt.

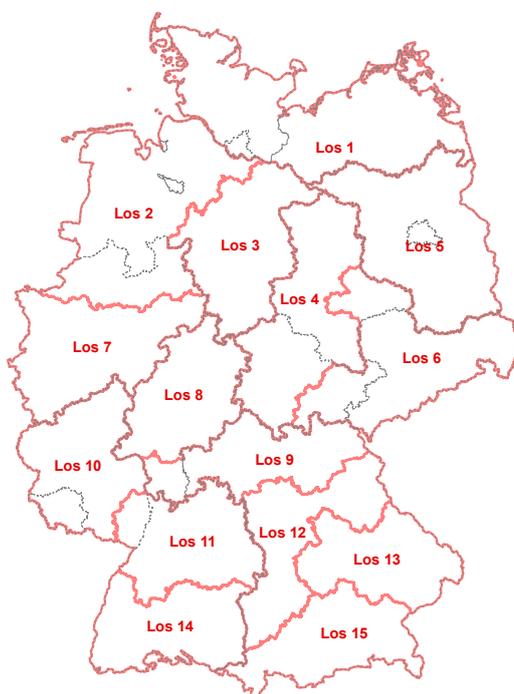


Abbildung 7: Losübersicht der Inventurstudie 2008

2.2.4.1 Geräte und Software

Um ein weitgehend einheitliches Aufnahmeverfahren zu gewährleisten, wurden die zugelassenen Arbeitsgeräte für die Inventurtrupps vertraglich vorgeschrieben (BMELV, 2010). Geräte, die entweder wenig gebräuchlich sind, kostenintensiv oder mit definierten Genauigkeitsanforderungen belegt waren, wurden von der Inventurleitung zentral beschafft und den Auftragnehmern leihweise zur Verfügung gestellt. Dies gilt analog auch für die verwendete Software, da bei 15 Inventurtrupps nur eine einheitliche Softwarelösung eine Mindestqualität der Erhebungsdaten bei vertretbarem Supportaufwand gewährleisten konnte.

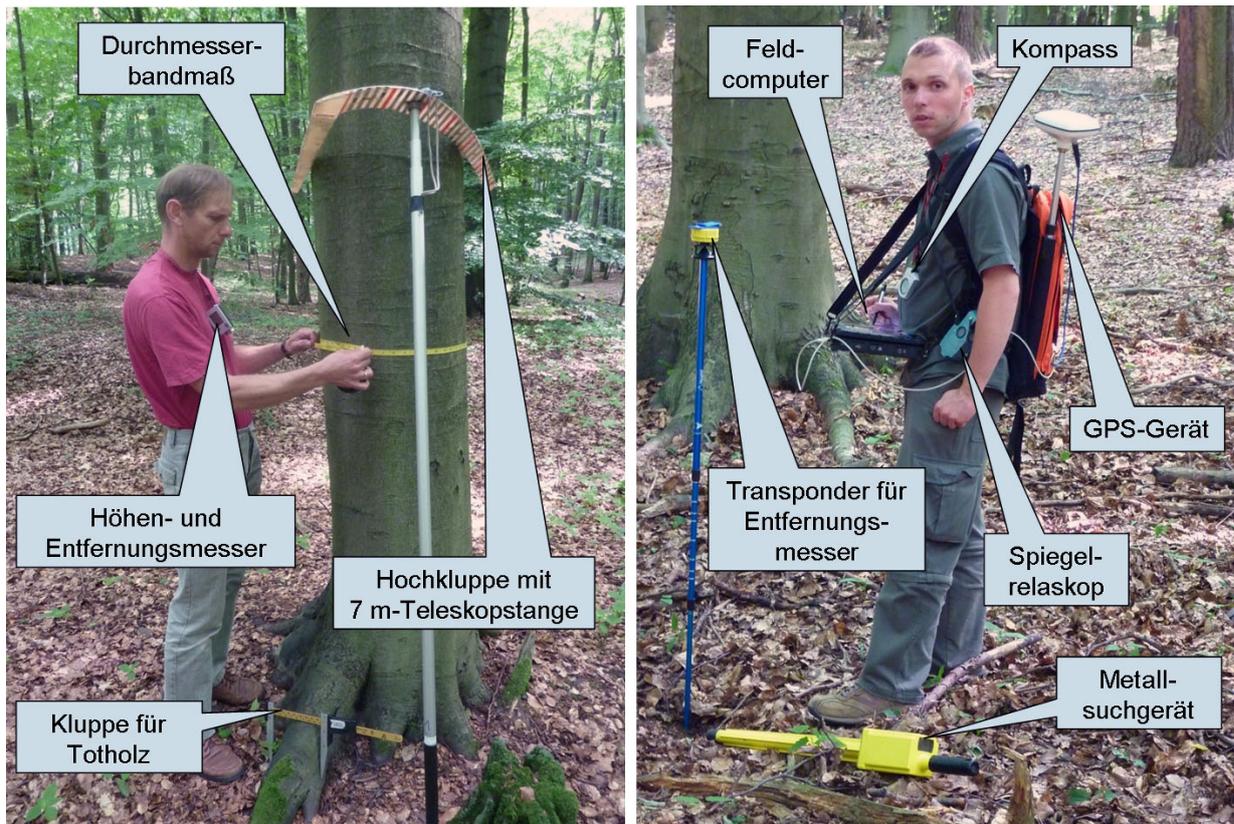


Abbildung 8: Arbeitsgeräte der Inventurtrupps

2.2.4.1.1 Hochkluppe

Die Messung der oberen Durchmesser (D7) erfolgte in der Regel mit einer Hochkluppe. Da Hochkluppen für gewöhnlich nicht zur Standardausrüstung forstlicher Dienstleistungsunternehmen zählen und auch nicht mehr hergestellt werden, wurden sie den Trupps vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Dies gelang dank der Unterstützung der Länder Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Hessen, Thüringen, Sachsen-Anhalt und Mecklenburg-Vorpommern, die ihre landeseigenen Hochkluppen dem vTI für den Zeitraum der Inventurstudie überlassen hatten.

2.2.4.1.2 Feld-PC

Die Feld-PC wurden im Rahmen einer öffentlichen Ausschreibung von der Inventurleitung zentral beschafft. Entsprechend der festgelegten Ausschreibungskriterien und der Wertungsmatrix fiel die Zuschlagserteilung auf das Convertible Notebook GETAC V100. Das Gerät ist mit einem 10,4 Zoll TFT-Display ausgestattet und wiegt 2,2 kg. Mit einem Vierpunkt-Tragegurt konnte das Gerät sowohl als Tablet-PC als auch als aufgeklapptes Notebook im Gelände verwendet werden. Im Tablet-Modus erfolgte die Bedienung mit einem aktiven Digitalstift. Der 7,8 Ah Hochleistungsakku erlaubte eine Arbeitszeit von etwa 6 Stunden. In Verbindung mit einem zur Verfügung gestellten identischen Ersatzakku wurde die Einsatzbereitschaft des Feld-PCs über einen Arbeitstag sicher gestellt.

Die Feld-PC wurden im Wesentlichen zur Datenerhebung im Gelände mittels der Aufnahmesoftware „TruppDE“ und zur Navigation auf dem Trakt mit Hilfe der Navigationssoftware „BWI-Nav 2.0“ eingesetzt.

2.2.4.1.3 GPS-Gerät

Auch die GPS-Geräte wurden von der Inventurleitung mittels öffentlicher Ausschreibung zentral beschafft. Ausgeschrieben waren GPS-L1-Einfrequenzempfänger mit externer Antenne, Rucksacktragesystem und Empfänger für Beacon-Korrektursignale. Die Ausschreibung wurde gezielt auf GPS-Geräte mittlerer Leistungsklasse (so genannte GIS-Geräte) beschränkt, da die preiswerten Freizeitgeräte die geforderten Genauigkeitsansprüche nicht erfüllen und die deutlich teureren geodätischen Zweifrequenz-GPS-Geräte für das geplante Einsatzgebiet Wald nicht geeignet sind. Auf Geräte, die sowohl die amerikanischen GPS-Signale als auch die russischen GLONASS-Signale verarbeiten, wurde bewusst verzichtet, da GLONASS-Signale vom gewählten Beacon-Korrekturdienst nicht korrigiert werden können.

Entsprechend der festgelegten Ausschreibungskriterien und der Wertungsmatrix fiel die Zuschlagserteilung auf das SOKKIA GIR 1600. Das Gerät entspricht dem Schutzgrad IP 54 nach IEC 529 (60529) und ist somit staubdicht und spritzwassergeschützt. Der Beacon-Empfänger ist im Gehäuse integriert. Die Auslieferung erfolgte mit externer Hemisphere MD MA40 Antenne mit integrierter Beacon-Antenne. Der 2450 mAh Akku erlaubte Arbeitszeiten von etwa 1 ½ Tagen und war ohne Werkzeuge einfach zu wechseln. Den Aufnahmetrupps stand ein zusätzlicher Wechselakku zur Verfügung.

2.2.4.1.4 Korrektursignal

Ionosphäreneffekte sind eine der größten Fehlerquellen bei der Satellitennavigation. Je nach Ionisierungsgrad ändert sich die Laufzeit der Satellitensignale, was zu Positionsfehlern im dreistelligen Meterbereich führen kann. Diese Störeffekte lassen sich durch sogenannte Korrektursignale ausschalten oder zumindest vermindern. Die Korrektursignale werden von verschiedenen Diensten und mittels unterschiedlichen Techniken angeboten.

Folgende Gründe sprachen aus Sicht der Inventurleitung für die Verwendung des Beacon-Korrekturdienstes:

- Die Nutzung des Dienstes ist kostenlos. Es fallen keine, z. T. schwer kalkulierbare Betriebskosten an.
- Es handelt sich um ein terrestrisches System. Ein erhebliches Problem beim Einsatz von Satellitennavigationstechnik im Wald besteht in der Abschirmung der Satellitensignale durch Baumkronen. Satellitengestützte Korrektursignale werden von geostationären Satelliten abgestrahlt und unterliegen demnach im Wald ähnlich erschwerten Bedingungen wie die eigentlichen GPS-Signale. Seitens der Inventurleitung wurde es als wenig zielführend angesehen, GPS- und Korrektursignal aus vergleichbar anfälliger Signalquelle zu wählen. Deshalb wurde der Einsatz satellitengestützter Korrektursignale verworfen.
- Mittelwellensignale reagieren weniger empfindlich auf geländebedingte Abschirmung als beispielsweise UKW-Signale. Außerdem werden UKW-basierte Korrektursignale nicht mehr deutschlandweit bereitgestellt.
- Mobilfunkgestützte Korrekturdaten erfordern eine entsprechende Erreichbarkeit eines Mobilfunknetzes, die in strukturschwachen, ländlichen und insbesondere in größeren Waldgebieten nicht garantiert ist. Im Bereich der deutschen Staatsgrenze kann es möglicherweise zu Empfangsproblemen kommen, da die Korrekturdienste nach Kenntnisstand der Inventurleitung im Jahr 2007 kein Roaming unterstützt haben.

- Mobilfunkgestützte, gebührenpflichtige Korrekturdaten erbrachten in eigenen Tests eine höhere Genauigkeitsverbesserung als der kostenlose Beacon-Dienst. Eine Verbesserung der Genauigkeit ist prozentual umso größer, je geringer die Einflüsse anderer, nicht korrigierbarer Störquellen ausfallen. Da aber gerade im Wald ein erhebliches, nicht korrigierbares Störpotenzial besteht, wird die Genauigkeitsverbesserung in Teilen vom größeren Signal-Streukreis kompensiert. Auf Basis umfangreicher Recherchen und eigener Gerätetests war die Inventurleitung zu der Überzeugung gelangt, dass die Mehrkosten der mobilfunkgestützten Korrekturdienste nicht in einem wirtschaftlichen Verhältnis zum damit im Wald erzielbaren Genauigkeitsgewinn stehen.

Nach Abwägung der Vor- und Nachteile der jeweiligen Korrekturdienste und unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus eigenen Gerätetests fiel die Entscheidung der Inventurleitung auf die Verwendung des Beacon-Korrekturdienstes.

Das Beacon-Korrektursignal wird im so genannten Funkfeuerband in den Mittelwellenfrequenzen 283,5 kHz bis 325 kHz ausgestrahlt. Das System wird unter dem Begriff „MF Beacon DGPS“ oder auch „Radiobeacon DGPS“ weltweit für die maritime Seeschifffahrt eingesetzt. In Deutschland wird der Beacon-Korrekturdienst von der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes betrieben. Die Korrektursignale werden über sieben Sendestationen ausgestrahlt und decken bei einer Reichweite von 200 km bis 300 km, zumindest rein rechnerisch, ganz Deutschland ab. Da die Empfangsqualität auch von Einflussgrößen wie Bodenrelief und Wetter abhängt, kann das Signal in bestimmten Bereichen ausfallen oder zu schwach für eine Korrekturdatenberechnung sein.

2.2.4.1.5 Aufnahmesoftware

Die Datenerhebung erfolgte mit dem Datenerfassungsprogramm „TruppDE“ der BWI 2, das entsprechend dem eingeschränkten bzw. geänderten Merkmalspektrum der IS08 geringfügig modifiziert wurde. Die Daten wurden vorinitialisiert, um bekannte Objekte (Trakte, Ecken, Bäume) eindeutig identifizieren zu können, besser wiederzufinden, den Erfassungsaufwand zu senken und um Datenkontrollen vor Ort durchführen zu können. Nach der Auswahl des aufzunehmenden Trakts und der entsprechenden Traktecke erfolgte die Dateneingabe in Formularen, die die einzelnen Arbeitsschritte (z. B. Winkelzählprobe, Totholzaufnahme) der Feldaufnahme abbildeten (Abbildung 9 und Abbildung 10). Neben der strukturierten Dateneingabe konnten im Gelände Datenprüfungen durchgeführt werden. Dieses Vorgehen hat die Datenqualität deutlich erhöht, weil alle formalen Fehler bereits während der Datenerhebung erkannt und von den Trupps korrigiert werden konnten.

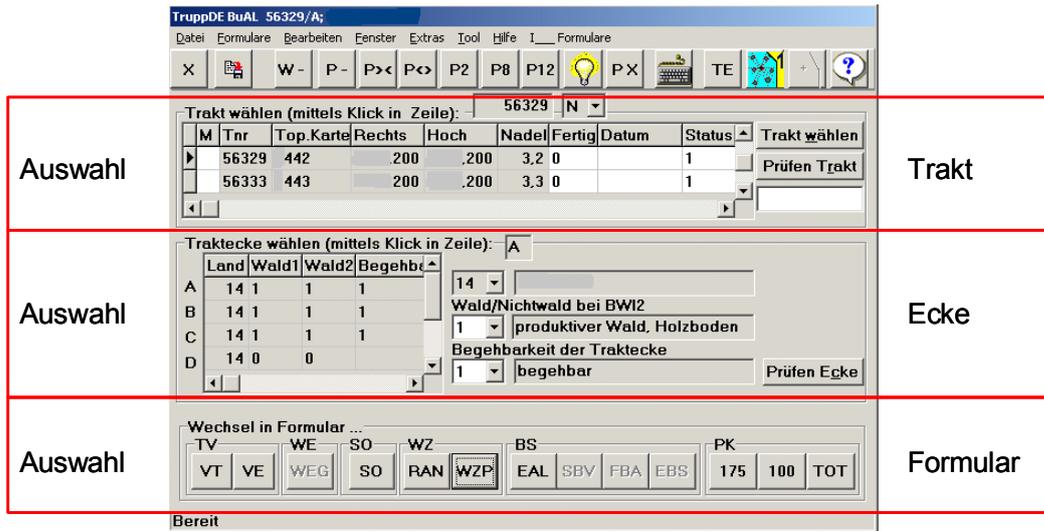


Abbildung 9: Nutzeroberfläche der Aufnahmesoftware „TruppDE“

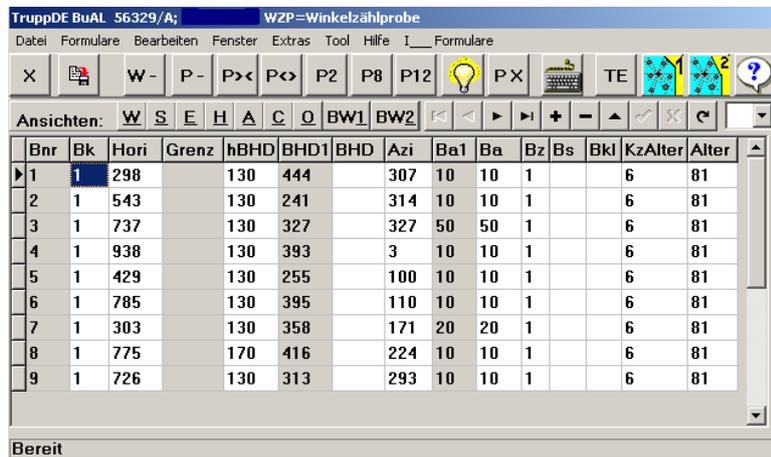


Abbildung 10: Formular der Winkelzählprobe als Beispiel für die formularbasierte Aufnahme

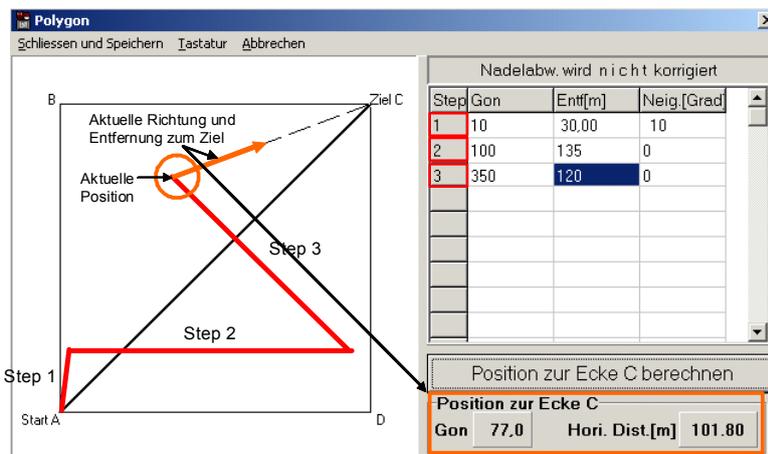


Abbildung 11: Beispiel für eine Polygonzugberechnung in Programm „TruppDE“

Als zusätzliche Funktionalität stellte das Programm eine Polygonzugberechnung zur Verfügung, die mittels abschnittsweiser Neuberechnung der Entfernung und des Richtungswinkels eine „konventionelle“ Navigation zur Traktecke mittels Bussolenzug erheblich vereinfachte (Abbildung 11).

2.2.4.1.6 Navigationssoftware

Die Navigationssoftware „BWI-Nav 2.0“ basiert auf dem Prototyp „BWI-Nav 1.0“, der bereits bei der BWI 2 in Bayern eingesetzt und speziell für die Inventurstudie 2008 weiterentwickelt wurde. Die Software diente einerseits zur satellitengestützten Navigation zum Trakt bzw. zu den einzelnen Traktecken und andererseits zur möglichst lagegenauen Einmessung der lokalisierten Trakteckenmarkierungen. Je nach Aufgabenstellung musste als Arbeitsmodus entweder „Navigieren“ oder „Einmessen“ ausgewählt werden.

Während der Navigation erhielt der Nutzer fortlaufende Informationen über seine Position in Relation zur gesuchten Traktecke sowie Integritätsinformationen über das GPS- und das Korrektursignal (Abbildung 12). Um die Geländebeziehungen bei der Navigation berücksichtigen zu können, konnten die Trakte wahlweise zusätzlich mit einer topographischen Karte oder mit einem digitalen Orthophoto unterlegt werden (Abbildung 13). Im Programm ist eine Funktion integriert, mit der mögliche Lageverschiebungen des ganzen Traktes berücksichtigt werden können. Damit wird auch die Navigation zu Traktecken erleichtert, die bei ihrer Anlage im Gelände mittels Bussolenzug fälschlicherweise versetzt zu ihrer Soll-Koordinate angelegt wurden.

Nach der Einmessung einer Traktecke erfolgte ein rechnerischer Abgleich der gemessenen Koordinate mit der für diesen Punkt festgelegten Soll-Koordinate. Die dabei festgestellte Verschiebung wurde auf die restlichen Ecken übertragen und für diese eine so genannte „berechnete Koordinate“ ermittelt. Unter der Annahme einer gleichmäßigen Verschiebung des gesamten Traktes ermöglichte die Software nun die Navigation zu den berechneten Koordinaten der Traktecken.

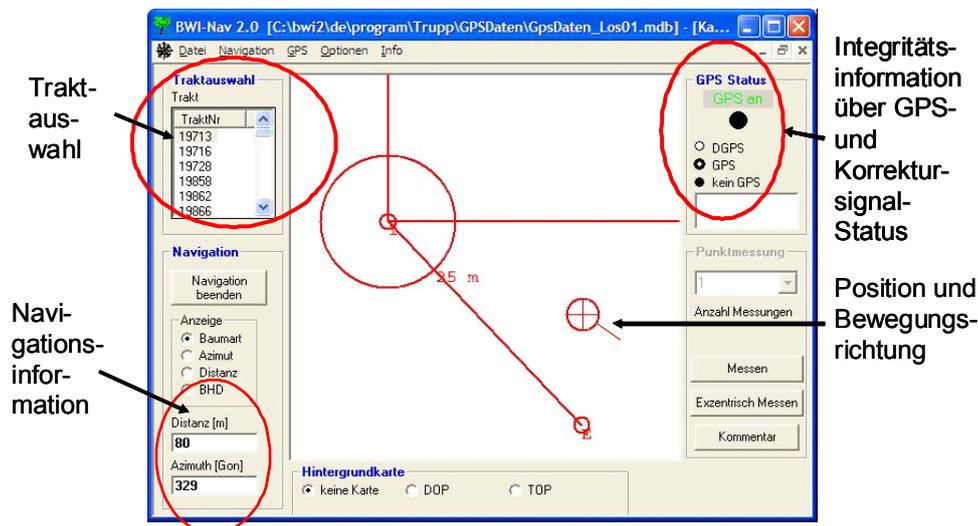


Abbildung 12: Benutzeroberfläche der Navigationssoftware „BWI-Nav 2.0“

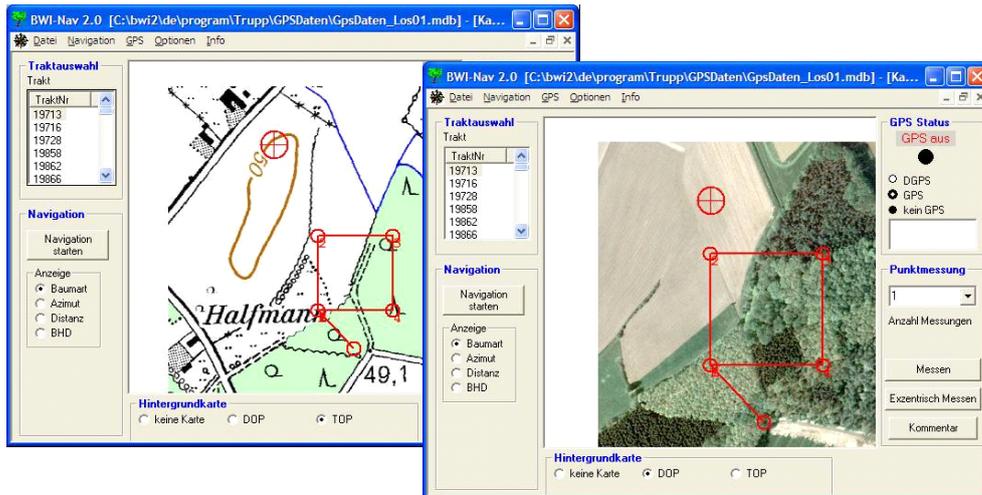


Abbildung 13: Optionale Visualisierung des Hintergrundes mittels topographischer Karte (links) oder digitalem Orthophoto (rechts)

2.2.4.1.7 Navigations-PDA inklusive Routingsoftware

Zum Aufsuchen der Trakte war es in der Regel erforderlich, die letzten Kilometer der Anfahrt auf Waldwegen zurückzulegen. Aus Effizienzgründen sollten die Aufnahmetrupps dabei mit ihren Fahrzeugen möglichst nah an die Trakte herangeführt werden, um die mit Ausrüstung im Gelände zu Fuß zurückzulegende Strecke zu minimieren.

Zu diesem Zweck wurden über die Firma LOGIBALL ASUS MyPAL A696-PDAs (Personal Digital Assistant) mit integriertem GPS-Empfänger und einer auf Waldwegen routingfähigen Navigationssoftware beschafft. Die Systeme wurden hinsichtlich ihrer Routendarstellung für den Einsatzzweck im Rahmen der Inventurstudie optimiert. Jedem Trupp stand damit ein deutschlandweiter Straßen- und Waldwegelayer zur Verfügung, auf dem die von ihm zu bearbeitenden Waldtraktecken als ‚Points of Interest‘ (POI) abgespeichert waren. Nach Auswahl der gewünschten Traktecke als Navigationsziel erfolgte die Routenführung bis zu dessen nächstgelegenen, auf Waldwegen erreichbaren Punkt (Abbildung 14). Der Übergang von öffentlichen Straßen zu Waldwegen und umgekehrt erfolgte dabei fließend (Abbildung 15). Abbiegehinweise wurden analog zu gebräuchlichen PKW-Navigationsgeräten sowohl optisch als auch akustisch angezeigt. Ebenso wurde bei Nichteinhaltung der vorgeschlagenen Route automatisch eine neue Streckenführung berechnet.

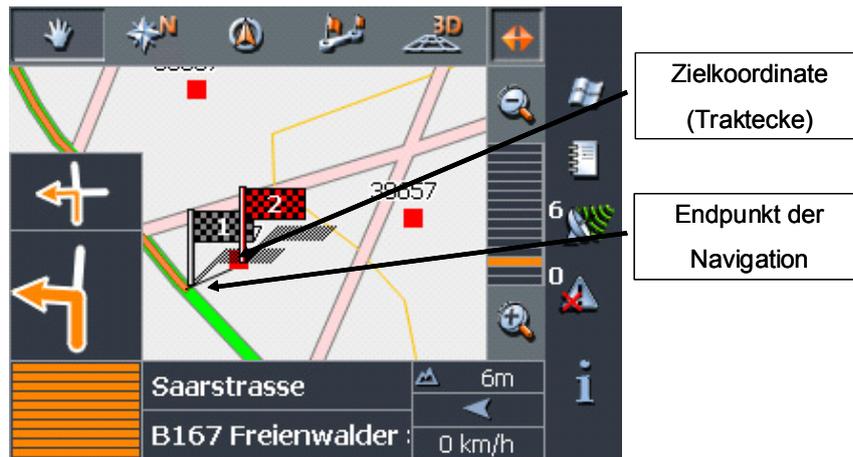


Abbildung 14: Endpunkt der Navigation auf Waldwegen und Zielkoordinate

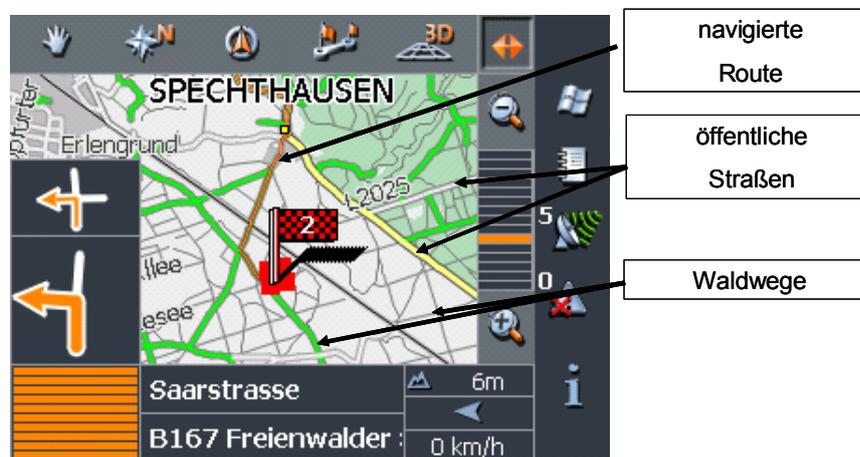


Abbildung 15: Unterbrechungsfreier Übergang von öffentlichen Straßen auf Waldwege

Die Geräte arbeiteten stabil und führten zu deutlichen Effizienzgewinnen, da die Trupps durch den Einsatz der Navigations-PDAs die Trakte auch ohne Ortskenntnis zügig auffinden konnten und somit von der Inventurleitung kein zusätzliches Forstkartenmaterial zur Verfügung gestellt werden musste. Ein Schwachpunkt des Systems waren die Aktualität der Straßenkarte und die Qualität des verwendeten Waldwegelayers. Mehrfach wurden Routen über Waldwege geführt, die nicht existierten oder nicht befahrbar waren. Obgleich zeitnah eine alternative Streckenführung vorgeschlagen wurde, entstanden dadurch zusätzliche Fahrwege und höhere Fahrzeiten.

2.2.4.2 Inventurkontrolle

Für die Sicherstellung der Qualität der Aufnahmen war eine Inventurkontrolle an mindestens 5 % der Trakte festgelegt worden (BMELV, 2010). Insgesamt wurden auf 209 Trakten 791 Traktecken kontrolliert, was einer realisierten Kontrollquote von rund 9 % entspricht.

Die Inventurleitung setzte dafür einen eigenen Kontrolltrupp ein, der in der Regel die gesamte Aufnahme auf einer Traktecke durchführte und die dabei gemessenen Werte mit denen des zuständigen Aufnahmetrupps verglich. Zu jeder kontrollierten Traktecke wurde ein Protokoll mit den

festgestellten Abweichungen angefertigt. Identifizierte Fehler und insbesondere systematische Abweichungen wurden mit den jeweiligen Aufnahmetrupps analysiert und korrigiert. Bei deutlichen Messabweichungen und schwerwiegenden Fehlern, wie beispielsweise nicht erhobenen Bäumen der Winkelzählprobe oder anderen deutlich erkennbaren Mängeln, wurde von der Inventurleitung eine Neuaufnahme der jeweiligen Traktecke angeordnet, die vom Trupp nicht gesondert in Rechnung gestellt werden konnte.

2.2.5 Kosten

2.2.5.1 Zeitstudie

Während der Inventurstudie 2008 wurde der Zeitaufwand für die Feldaufnahme analysiert, um Daten für künftige Aufwandskalkulationen zu erheben. Insbesondere sollte die Zeitkalkulation für die dritte Bundeswaldinventur überprüft und die Zeitersparnis durch die GPS-Navigation ermittelt werden. Dazu wurden zwischen dem 29.10.2008 und 07.11.2008 bei vier gut eingearbeiteten Inventurtruppen in Bayern, Baden-Württemberg, Sachsen und Thüringen Zeitstudien durchgeführt. Während der Zeitstudien lagen keine arbeitserschwerenden Witterungsbedingungen vor.

Die Zeitstudie erfolgte im Fortschrittszeitverfahren. Dazu wurde die Aufnahme einer Traktecke in folgende Arbeitsschritte zerlegt:

1. Startpunkt suchen:

- Um die Traktecken mit Hilfe des Einmessprotokolls und der Traktskizze wiederzufinden, wurde bei Erstanlage des Traktes ein eindeutiger und leicht wiederzufindender Startpunkt festgelegt (z. B. Grenzstein). Da während der IS08 die Traktecken mittels GPS aufgesucht wurden, war das Auffinden des Startpunktes nur dann erforderlich, wenn der Trakt anhand der Sollkoordinaten nicht zu finden war. Da dieser Fall jedoch nur selten eintrat, ist dieser Arbeitsschritt mit 0,1 Minuten und somit einem Anteil von 0,3 % an der Gesamtarbeitszeit vernachlässigbar.

2. Traktecke aufsuchen:

- Dieser Arbeitsschritt umfasste den Weg vom Auto zur ersten Traktecke (variable Entfernung) und anschließend von Traktecke zu Traktecke (150 m). Diese beiden Etappen wurden während der Zeitstudie getrennt erfasst. Für das Aufsuchen der ersten Traktecke wurden 6,3 Minuten und für das Aufsuchen der Folgeecken jeweils 5,5 Minuten ermittelt. Für beide Etappen zusammengefasst ergibt sich eine durchschnittliche Arbeitszeit von 5,8 Minuten pro Traktecke. Somit nimmt dieser Arbeitsschritt 12,2 % der Gesamtarbeitszeit ein. Während der Zeitstudie wurden alle Traktecken mit dem GPS und der Sollkoordinate gesucht.

3. Eckenmarkierung suchen:

- Die Markierung der Traktecke wurde mit einem Metallsuchgerät unter Zuhilfenahme des Baumplots gesucht. Diese Suche dauerte 6 Minuten und entspricht 12,6 % der Gesamtarbeitszeit.

4. Winkelzählprobe (WZP):

- Der Arbeitsschritt umfasst die Auswahl der Probestämme mittels Winkelzählprobe mit Zählfaktor 4, die Messung von Azimut, Entfernung und BHD sowie die Ansprache und Eingabe der Baummerkmale. Dafür wurden 10,9 Minuten pro Traktecke benötigt, was einem Anteil von 23,1 % der Gesamtarbeitszeit gleichzusetzen ist. Im Durchschnitt wurden bei der WZP 8,22 Bäume je Traktecke aufgenommen.

5. Baumhöhe und oberen Durchmesser in 7 m Höhe (D7) messen:

- Bei der Messung der Baumhöhen und der oberen Durchmesser (ab einem BHD von 20 cm) wurden unterschiedliche Arbeitsabläufe beobachtet. Die Arbeitsschritte wurden von den beiden Truppmitarbeitern gleichzeitig oder nacheinander durchgeführt. Bei separater Durchführung wurden für die Messung der Baumhöhen 3,6 Minuten und für die oberen Durchmesser 2,2 Minuten benötigt. Bei gleichzeitiger Durchführung war der Zeitaufwand mit 6,2 Minuten geringfügig höher. Pro Traktecke dauerte der Arbeitsschritt durchschnittlich 5,2 Minuten was einem Anteil von 10,9 % der Gesamtarbeitszeit entspricht.

6. Aufnahme im Probekreis $r=1,75$ m:

- Im Probekreis $r=1,75$ m wurden alle Bäume über 50 cm Höhe und mit einem BHD bis 6,9 cm aufgenommen. Erfasst wurden die Baumart, die Höhen- oder Durchmesserklasse, die Bestandesschicht für den gesamten Probekreis und die Anzahl der Bäume. Dieser Arbeitsschritt dauerte durchschnittlich 1,1 Minuten und entspricht 2,3 % der Gesamtarbeitszeit. Es wurden durchschnittlich 2,66 Bäume je Traktecke erfasst.

7. Aufnahme im Probekreis $r=1$ m:

- Der Probekreis mit $r=1$ m diente der Erhebung von Probestämmen mit einer Höhe von 20 cm bis 50 cm. Neben der Baumart wurden die Anzahl der Bäume und die Bestandesschicht für den gesamten Probekreis angegeben. Für diesen Arbeitsschritt wurden durchschnittlich 1,5 Minuten benötigt, was einem Anteil von 3,2 % der Gesamtarbeitszeit entspricht. Durchschnittlich wurden 1,45 Bäume je Traktecke aufgenommen.

8. Totholzaufnahme:

- Die Totholzaufnahme fand in einem Umkreis von 5 m um die Traktecke statt. Bei liegendem Totholz wurde die Länge sowie kleinster, mittlerer und größter Durchmesser ermittelt. Bei stehendem Totholz und Stubben wurde die Höhe sowie der BHD bzw. Schnittflächendurchmesser aufgenommen. Zudem wurden Baumart und Zersetzungsgrad bestimmt. Die Totholzerhebung wurde in durchschnittlich 4,2 Minuten durchgeführt. Dies entspricht 8,8 % der Gesamtarbeitszeit.

9. Bestandesgrenzen aufnehmen:

- Es wurden alle Bestandesgrenzen aufgenommen, die nicht weiter als 25 m von der Traktecke entfernt waren. Dafür wurden für zwei oder drei auf der Bestandesgrenze liegende Punkte die Azimute und die Entfernungen vom Trakteckenmittelpunkt gemessen. Dies dauerte durchschnittlich 1,1 Minuten pro Traktecke und entspricht 2,3 % der Gesamtarbeitszeit.

10. Organisationszeiten:

- Die Organisationszeiten umfassen das Ein- und Auspacken der Ausrüstung, den Auf- und Abbau der Geräte, insbesondere der Hochkluppe, sowie Absprachen zur Arbeitsorganisation. Nicht an die Traktecken gebundene Organisationszeiten für den Trakt wurden auf die Ecken umgelegt. Die Organisationszeiten entsprechen einem Anteil von 15,5 % an der Gesamtarbeitszeit und nehmen im Durchschnitt 7,3 Minuten pro Traktecke in Anspruch. Die Häufigkeit von über 100 % bezogen auf die Traktecke (siehe Tabelle 3) resultiert aus Organisationszeiten, die nicht an die Traktecken gebunden sind. Diese wurden auf die Traktecken umgelegt und den eckengebundenen Organisationszeiten zugeschlagen.

11. sonstige Datenarbeit:

- Die Zeit für die Dateneingabe ist normalerweise in der jeweiligen Aufnahmezeit enthalten. Die darüber hinaus verwendete Zeit wurde unter sonstiger Datenarbeit verbucht. Dazu zählen Zeiten für die Prüfung, Korrektur und Ergänzung von Daten sowie für das Einmessen der Traktecken mit dem GPS. Für die sonstige Datenarbeit wurden durchschnittlich 2,9 Minuten je Traktecke benötigt, was 6,1 % der Gesamtarbeitszeit entspricht.

12. Rückweg zum Fahrzeug:

- Der Rückweg von der letzten Traktecke zum Fahrzeug fällt nur einmal je Trakt an und wurde anteilig auf die Traktecken aufgeteilt. Dieser Arbeitsschritt beträgt durchschnittlich 1,2 Minuten je Traktecke und entspricht 2,6 % der Gesamtarbeitszeit.

Die aufgeführten zwölf Arbeitsschritte waren in Abhängigkeit von der aufgefundenen Situation im Gelände nicht an jeder Traktecke erforderlich. Die Reihenfolge, in der die Arbeitsschritte durchgeführt wurden, war nicht vorgegeben und konnte daher variieren. Eine Übersicht zum Zeitbedarf der Datenerhebung der IS08 an einer Traktecke ist in Tabelle 3 und Abbildung 16 dargestellt. Wie die rechte Spalte in Tabelle 3 zeigt, war nicht jeder Arbeitsschritt an allen Traktecken erforderlich. Deshalb ist der durchschnittliche Zeitaufwand für eine Traktecke mit 47,3 min kleiner als die Summe für alle Arbeitsschritte mit 54,5 min.

Tabelle 3: Übersicht zum Zeitbedarf der Datenerhebung der IS08 an einer Traktecke für die Arbeitsschritte (AS), deren Anteil an der Gesamtarbeitszeit und der Häufigkeit der AS/Traktecke

Nr.	Arbeitsschritt	Zeitbedarf		Anteil AS an Gesamtarbeitszeit [%]	Häufigkeit [AS/% aller Traktecken]
		je Arbeitsschritt [min]	je Traktecke [min]		
1	Ausgangspunkt suchen	3,9	0,1	0,3	3
2	Traktecke aufsuchen	5,8	5,8	12,2	100
3	Eckenmarkierung suchen	6,1	6,0	12,6	98
4	WZP	11,3	10,9	23,1	97
5	Baumhöhe und D7 messen	6,0	5,2	10,9	86
6	Aufnahme im Probekreis r=1,75 m	1,2	1,1	2,3	93
7	Aufnahme im Probekreis r=1 m	1,6	1,5	3,2	95
8	Totholzaufnahme	4,5	4,2	8,8	93
9	Bestandesgrenzen aufnehmen	2,0	1,1	2,3	54
10	Organisationszeit	5,7	7,3	15,5	128
11	sonstige Datenarbeit	2,9	2,9	6,1	102
12	Rückweg	3,6	1,2	2,6	34
	Summe	54,5	47,3	100,0	

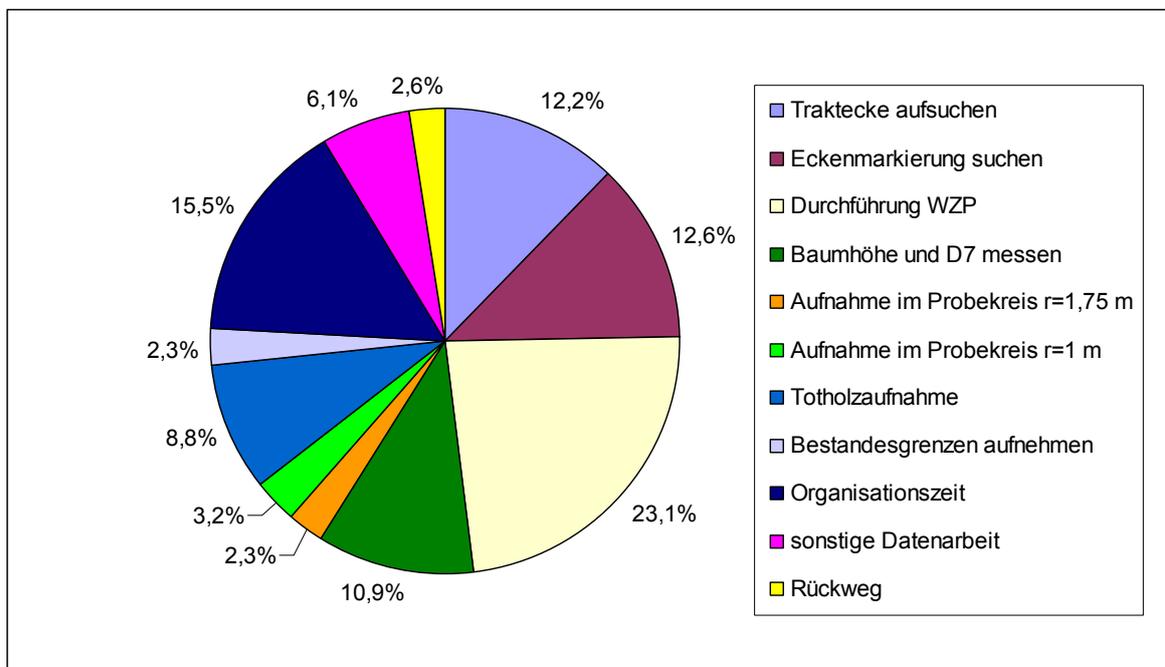


Abbildung 16: Zeitbedarf der einzelnen Arbeitsschritte der Datenerhebung der IS08 an einer Traktecke

Der Zeitbedarf der mit der WZP verbundenen Erhebungen für den einzelnen Baum lag zwischen 35 Sekunden und 155 Sekunden (Abbildung 17). Im Durchschnitt betrug die Aufnahmedauer pro Baum 84 Sekunden.

Bei der Totholzaufnahme lag der Zeitbedarf zwischen 29 Sekunden und 240 Sekunden pro Totholzobjekt, wobei 75 % aller Totholzobjekte in einem Zeitraum zwischen 29 Sekunden und 90 Sekunden aufgenommen wurden (Abbildung 18). Der durchschnittliche Zeitaufwand betrug 75 Sekunden pro Totholzobjekt.

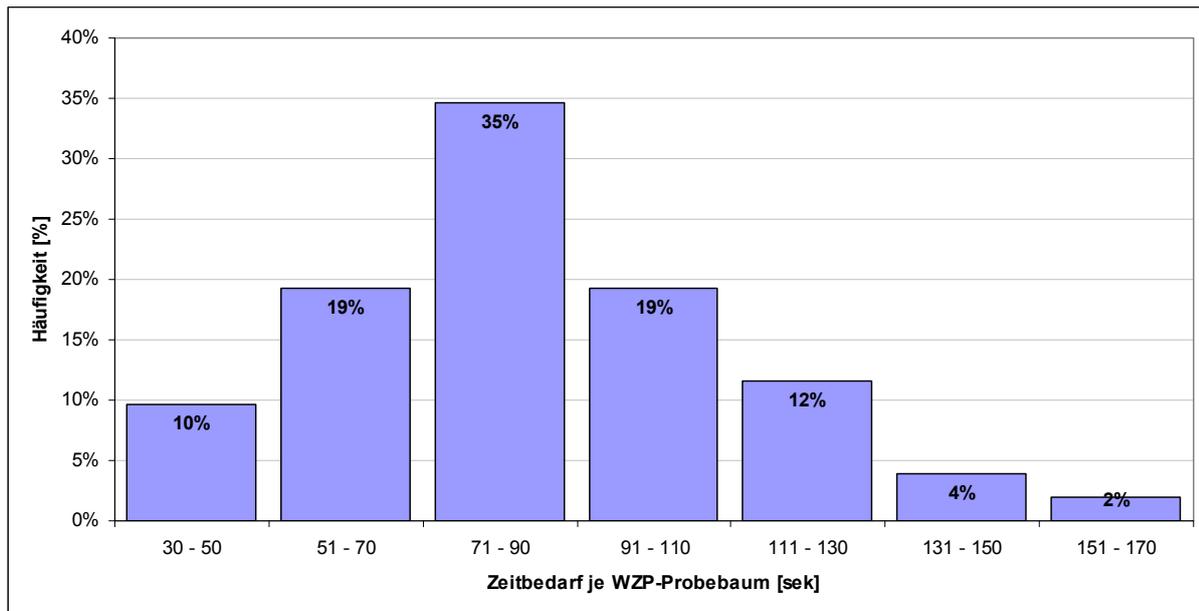


Abbildung 17: Zeitbedarf für die mit der Winkelzählprobe verbundenen Erhebungen für den einzelnen Baum

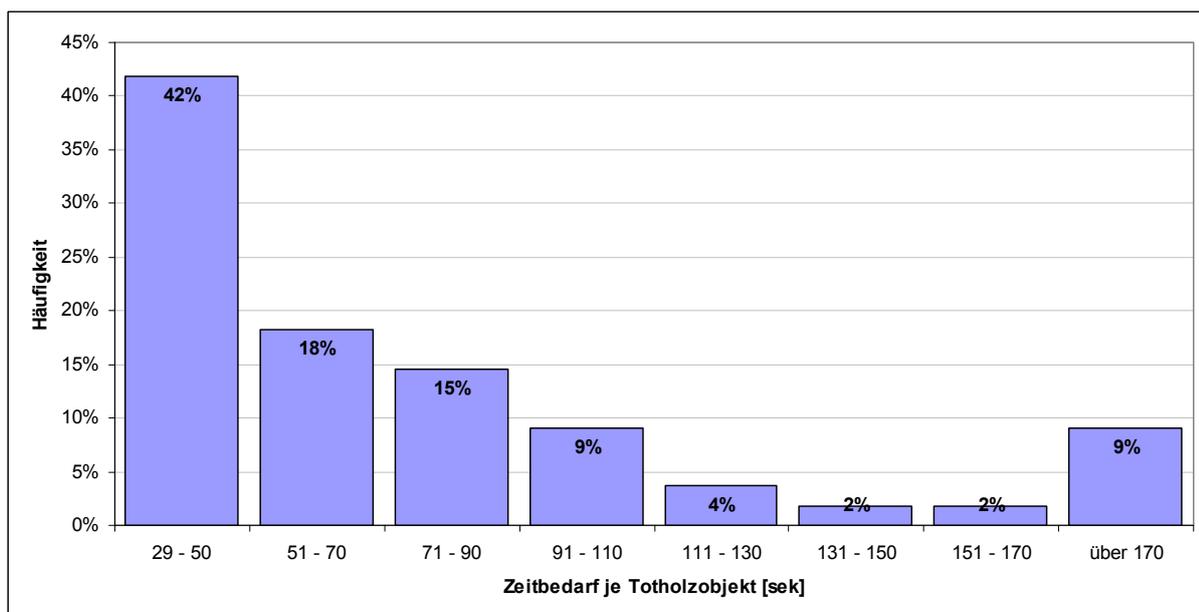


Abbildung 18: Zeitbedarf für die Erhebung von Totholzobjekten

2.2.5.1.1 Repräsentativität der Zeitstudie

Im Rahmen der Zeitstudie wurden 21 Trakte mit 62 Traktecken in einer Zeit von rund 48 Stunden aufgenommen. Dies entspricht durchschnittlich 2,95 Traktecken je Trakt. Die Zeitstudie bezieht sich somit auf 0,01 % der Trakte der IS08.

Um zu überprüfen, ob die für die Zeitstudie gewählten Trakte repräsentativ waren, wurden diese hinsichtlich ihrer Geländeeigenschaften und Bestandesstruktur mit den Durchschnittsdaten der gesamten Inventurstudie verglichen (Tabelle 4). Im Hinblick auf die Bestandesstruktur zeigte sich, dass die Trakte der Zeitstudie ähnlich aufgebaut waren, wie ein durchschnittlicher Trakt der IS08. Der mit den zu erhebenden Objekten verbundene Aufwand war bei der Zeitstudie durchschnittlich geringfügig höher, da die Anzahl der Bäume in der WZP und im Probekreis $r=1$ m sowie die Anzahl der Totholzobjekte und der D7-Messungen größer waren als bei der IS08. Lediglich die Anzahl der Bäume im Probekreis $r=1,75$ m war bei den Aufnahmen für die Zeitstudie etwas geringer.

Auch hinsichtlich der Geländeneigung liefert die Zeitstudie repräsentative Aussagen. Der Anteil der Traktecken mit 0° bis 10° Neigung und 11° bis 20° Neigung war nur geringfügig höher als im Durchschnitt der IS08. Traktecken mit einer Neigung von 21° bis 30° waren während der Zeitstudienhebungen leicht unterrepräsentiert. Trakte mit Geländeneigungen über 30° waren bei der Zeitstudie nicht vertreten. Da diese jedoch auch bei der IS08 nur einen Anteil von 3 % ausmachten, wirkte sich dies nicht übermäßig auf die Vergleichbarkeit aus.

Tabelle 4: Vergleich der erhobenen Parameter bzw. der Geländeneigung der in der Zeitstudie erhobenen Traktecken mit allen Traktecken der IS08

Parameter	Zeitstudie	IS08	Vergleich (Zeitstudienwert in % der IS08)
WZP-Bäume pro Ecke	8,2	7,47	110
Bäume im $r=1,75$ m pro Ecke	2,66	3,38	79
Bäume im $r=1$ m pro Ecke	1,45	1,23	118
Totholzstücke pro Ecke	5,06	3,96	128
Höhenmessbäume pro Ecke	2,67	2,73	98
D7-Messungen pro Ecke	2,31	2,22	104
Geländeneigung			Differenz
Traktecken bis einschl. 10°	75 %	71 %	4
Traktecken 11° bis einschl. 20°	20 %	17 %	3
Traktecken 21° bis einschl. 30°	5 %	9 %	-4
Traktecken über 30°	0 %	3 %	-3

2.2.5.1.2 Weitere Ergebnisse zur Leistung der Inventurtrupps

Die Angaben zur Tagesleistung der Aufnahmetrupps lassen sich aus den Inventurdaten selbst ableiten, indem die Anzahl der je Trupp und Aufnahmedatum aufgenommenen Traktecken ermittelt wird. Mit diesen Daten wurden weiterführende Auswertungen im Rahmen der Zeitstudie gemacht.

Die Aufnahmetrupps waren für die Inventurstudie 2008 insgesamt 906 Tage im Einsatz. Die durchschnittliche Tagesleistung der einzelnen Trupps lag zwischen 6,6 und 8,9 Traktecken. Aus den Daten geht hervor, dass durchschnittlich 7,5 Traktecken bzw. 2,5 Trakte pro Tag aufgenommen wurden. Besonders häufig wurde eine Tagesleistung der Trupps von vier (14 %) oder acht Traktecken (19 %) festgestellt (Abbildung 19), was darauf zurückgeführt werden kann, dass jeweils ein oder zwei vollständige Waldtrakte an einem Tag aufgenommen wurden.

Wenn die durchschnittliche Tagesleistung von 7,5 Traktecken mit der aus der Zeitstudie resultierenden durchschnittlichen Aufnahmezeit von 47,3 Minuten multipliziert wird, ergibt sich daraus eine durchschnittlich tägliche Aufnahmezeit von 5,9 Stunden. Unter der Annahme einer geschätzten Fahrzeit für die Fahrt vom Quartier zum ersten Trakt und vom letzten Trakt zum Quartier von 45 km x 60 km/h = 45 Minuten sowie von Fahrzeiten zwischen den Trakten von 15 km x 30 km/h = 30 Minuten würde sich eine tägliche Arbeitszeit von 8,2 Stunden errechnen. Dies deutet darauf hin, dass im Rahmen der Zeitstudie realistische Daten erhoben wurden.

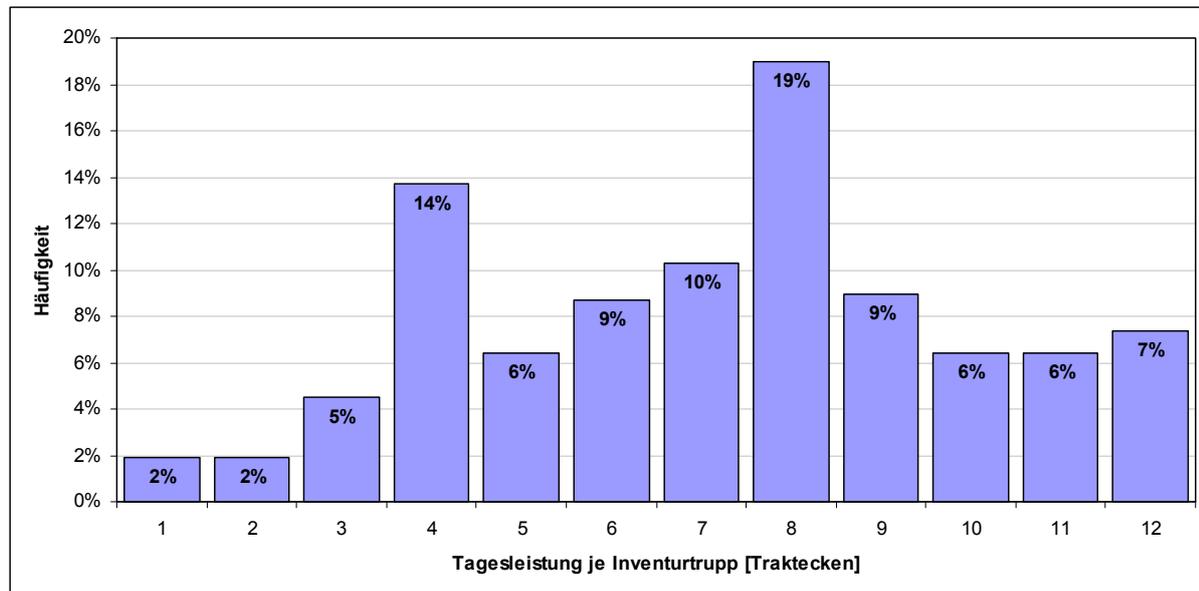


Abbildung 19: Tagesleistung je Inventurtrupp bei der Inventurstudie 2008

Abbildung 20 zeigt, wie sich die Tagesleistung mit zunehmender Einsatzdauer ändert. Es wird deutlich, dass die durchschnittliche Tagesleistung nach etwa zwanzig Einsatztagen erreicht war. Ein weiterer Anstieg der Arbeitsleistung ist nach vierzig Arbeitstagen zu beobachten.

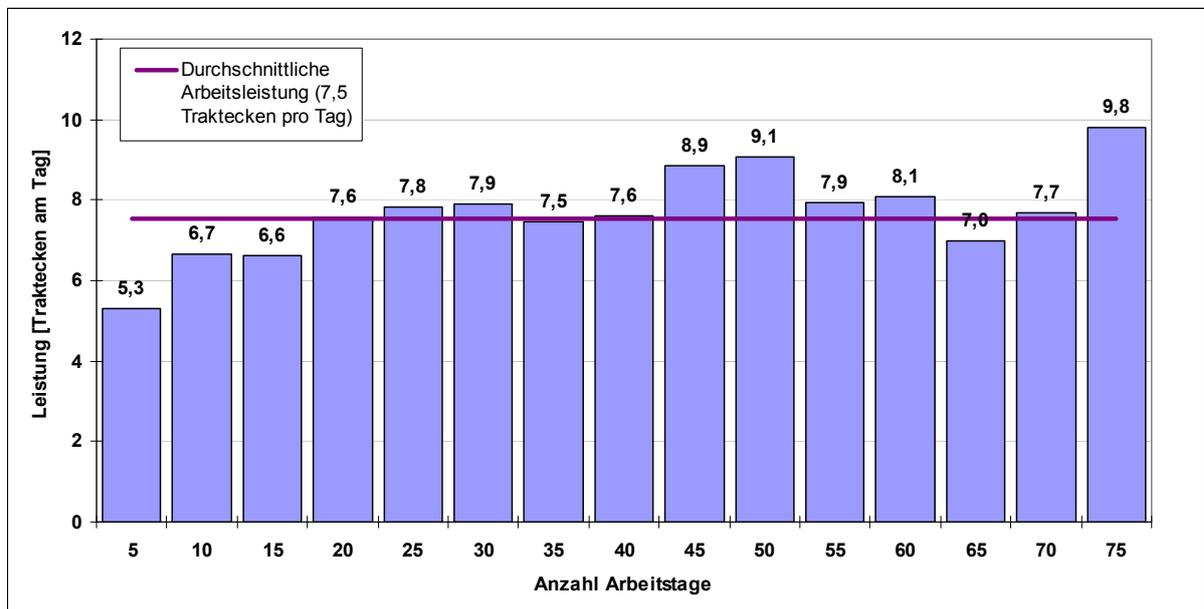


Abbildung 20: Tagesleistung der Inventurtrupps bei der IS08 in Abhängigkeit der bereits geleisteten Arbeitstage

2.2.5.1.3 Auswirkungen der satellitengestützten Navigation auf die Arbeitszeit

Bei der IS08 wurden alle Inventurtrupps mit Geräten und spezieller Software für die satellitengestützte Navigation zu den Probepunkten ausgestattet. Damit konnte die bisher übliche terrestrische Einmessung mit Einmessprotokoll, Kompass, Entfernungsmesser und Fluchtstäben in den meisten Fällen abgelöst werden. Um die Auswirkungen der satellitengestützten Navigation auf die Arbeitszeit abzuschätzen, wurde der Zeitaufwand für die Arbeitsschritte 2 und 3 der IS08 (Aufsuchen der Traktecke und Finden der Markierung) mit Werten verglichen, die bei der Vorbereitung der BWI 2 im Rahmen von Zeitstudien ermittelt worden sind (Hradetzky et al., 1996). Beide Zeitstudien wurden sowohl an markierten als auch nicht markierten Traktecken durchgeführt.

Die im Jahr 1996 von der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg durchgeführten Zeitstudien ergaben Einmesszeiten von durchschnittlich 21,5 Minuten für markierte Traktecken und 28,6 Minuten für nicht markierte Traktecken. Diese Zeiten beinhalten das Aufsuchen der ersten Traktecke ab dem Ausgangspunkt und jeder weiteren Ecke entlang der Traktlinien. In der IS08-Zeitstudie waren 8 Trakte mit insgesamt 28 markierten Traktecken vertreten. Die benötigte Zeit zum Aufsuchen der Traktecke (Arbeitsschritte 2+3) während der Inventurstudie betrug an markierten Traktecken 8,1 Minuten und bei unmarkierten Traktecken 15,5 Minuten. Durch den Vergleich der Zeitstudien konnte festgestellt werden, dass aus der GPS-Einmessung gegenüber der terrestrischen Einmessung ein deutlicher Zeitvorteil von 13,4 Minuten an den markierten und von 13,1 Minuten an den unmarkierten Traktecken resultiert (Abbildung 21).

Der Zeitvorteil der satellitengestützten Navigation wird vermutlich unterschätzt, da vor Beginn der terrestrischen Navigation noch der Startpunkt aufgesucht werden muss. Dies entfällt in der Regel bei der Nutzung des GPS. Laut IS08-Zeitstudie wurden für diesen Arbeitsschritt durchschnittlich 3,9 Minuten benötigt. Da dieser Arbeitsschritt jedoch nur an zwei Trakten durchgeführt wurde, ist diese Zeitangabe nicht belastbar. Der Zeitbedarf zum Aufsuchen des Startpunktes wurde in der 1996 durchgeführten Zeitstudie zur BWI 2-Vorbereitung nicht erfasst, so dass keine weiteren Vergleichswerte zur Verfügung stehen.

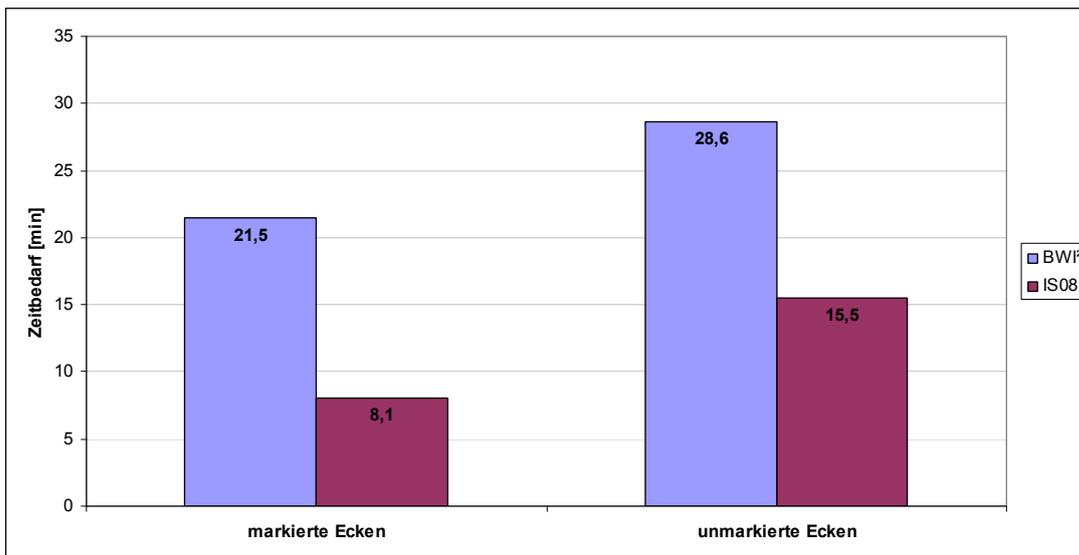


Abbildung 21: Vergleich des Zeitbedarfes für das Einmessen der Traktecken bei der BWI 2 (terrestrisch) und bei der IS08 (satellitengestützt) an markierten und unmarkierten Traktecken

2.2.5.2 Kostenübersicht

Im Gegensatz zur BWI wurde die IS08 in Alleinverantwortlichkeit des Bundes durchgeführt. Mit der Organisation und Durchführung der IS08 sind einige spezifische Besonderheiten verbunden, die sich auch in der Kostenstruktur widerspiegeln.

In der nachfolgenden Kostenzusammenstellung sind die Konzeption und Vorbereitung der Inventurstudie, die Datenerhebung, die Datenkontrolle im Gelände und die Hochrechnung der Daten enthalten. Der Kostenüberblick (Tabelle 5) ist in die zwei Inventurphasen „Vorbereitung und Datenerhebung“ und „Datenauswertung“ unterteilt.

Tabelle 5: Kostenüberblick zur Inventurstudie 08

Inventurphase	Kosten [€]
Vorbereitung & Datenerhebung	1.437.000
Datenauswertung	85.000
Gesamt	1.522.000

Für die Vorbereitungs- und Datenerhebungsphase erfolgte eine detaillierte Aufschlüsselung der Kosten, die in Tabelle 6 dargestellt ist. Die Gesamtkosten dieser Phase wurden in acht Kategorien unterteilt. Die Kategorie *Unternehmerkosten* umfasst die Kosten für die forstlichen Dienstleistungsunternehmen, die die Datenerhebung der IS08 in 15 Losen durchgeführt haben. Die Unternehmerkosten nehmen mit 731.000 € den größten Posten ein, der rund 50 % der Kosten dieser Inventurphase entspricht. Auf zweiter Position liegen die *Personalkosten* mit einem Betrag von 311.000 €, was rund 20 % der Kosten ausmacht. In dieser Kategorie sind alle Personalkosten enthalten, die im Rahmen der Inventurstudie angefallen sind. Dies sind einerseits die Kosten für den Inventurleiter für den Zeitraum vom 01.06.2007 bis 31.03.2009 (22 Monate) und den institutseigenen Kontrolltrupp (2 Personen), jeweils für den Zeitraum 01.02.2008 bis 31.03.2009 (14 Monate). Daneben wurde mit den personellen Kapazitäten des Instituts die Anpassung der Aufnahme- und Hochrechnungssoftware und verschiedene organisatorische Zuarbeiten abgedeckt, die insgesamt 23 Personen-Monate betragen. Ebenso war das BMELV von personeller Seite in die Beratung und Betreuung der IS08 eingebunden. Die mit der *Ausrüstung der Datenerhebung* verbundenen Kosten betragen 226.000 €. Dies entspricht rund 16 % der Gesamtkosten, womit diese Kategorie den dritten Rang einnimmt. In diesem Posten sind die Geräte und die Software enthalten, die zur Gewährleistung eines einheitlichen Aufnahmeverfahrens von Seiten des vTI zentral beschafft wurden und den Inventurtrupps leihweise zur Verfügung gestellt wurden. Daneben wurden Gerätereparaturen und sonstiges Material aus dieser Kostenkategorie finanziert. Im Weiteren sind Kosten für zwei Vorstudien im Rahmen der Inventurkonzeption, für den Erwerb von Daten, für die Schulung der forstlichen Dienstleistungsunternehmer, für die Inventurkontrolle und Sonstiges angefallen.

Tabelle 6: Detaillierte Kostenaufstellung der Vorbereitungs- und Datenerhebungsphase der IS08

Kategorie	Unterkategorie	Kosten [€]
Konzeption	Vorstudie zur Evaluierung des Stichprobennetzes GPS-Vorstudie	64.000
Datenkauf	Eigentümergebietung Einmessprotokolle	18.000
Ausrüstung Datenerhebung	Anschaffung Geräte Reparaturen Software (BWI-Nav, andere Lizenzen) Sonstiges Material	226.000
Schulung	Reisekosten Raummiete Personaldienstleistung	7.000
Inventurkontrolle	Reisekosten (Kontrolltrupp, Inventurleitung) Anschaffung Dienst-Kfz Fahrzeugbetriebskosten	47.000
Sonstiges	Telefon & Porto IT (Server, Lizenzen, PC's) allg. Verbrauchsmaterial	33.000
Personal	Inventurleitung (22 Personen-Monate) Kontrolltrupp (28 Personen-Monate) internes Personal (23 Personen-Monate)	311.000
Unternehmerkosten		731.000
Gesamt		1.437.000

Neben den vom vTI überlassenen Geräten war den Inventurtrupps eine verbindliche Liste von Arbeitsgeräten vorgegeben (siehe BMELV, 2010), die selbst zu beschaffen waren. Zur Orientierung sind in Tabelle 7 die Preise (Liste) dieser Geräte zusammengestellt.

Tabelle 7: Verbindliche Geräteliste der Inventurtrupps und Listenpreise

Geräte	Listenpreis brutto [€]
Spiegelrelaskop	1.779
2 x Taschenbussole Suunto (400 gon)	2 x 135
3 x Fluchtstab	3 x 30
Vertex IV mit Einbeinstativ	1.779
Bandmaß 30m	50
Durchmesser-Stahlbandmaß, 5 m	57
Durchmesser-Glasfaserbandmaß, 5 m	34
Magnetsuchgerät	1.185
Gesamt	5.244

In der Datenauswertungsphase erfolgten Plausibilitätskontrollen der Daten, die Datenaufbereitung (Datenkorrekturen, Datenableitungen) und die Hochrechnung der Daten. Diese Arbeitsschritte wurden wiederum mit personellen Kapazitäten des Instituts umgesetzt, die einer Arbeitszeit von insgesamt 17 Personen-Monaten entsprechen. Die sich daraus ergebenden Kosten für internes Personal betragen 85.000 €.

Die Gesamtkosten für die Inventurstudie 2008 belaufen sich auf rund 1,5 Mio. Euro. Dies entspricht 227 €/Traktecke und 0,14 €/ha Waldfläche. Die darin enthaltenen Kosten für Unternehmer betragen durchschnittlich 109 €/Traktecke.

Von einem Kostenvergleich zwischen IS08 und BWI 2 wird an dieser Stelle aus verschiedenen Gründen bewusst abgesehen. Neben den verschiedenen Stichprobennetzen beider Inventuren variieren auch die Aufnahmeverfahren. So wurden beispielsweise die Winkelzählprobe bei der IS08 über die Bestandesgrenze hinweg durchgeführt, Totholz ab einer Erfassungsgrenze von 10 cm erhoben, bei liegendem Totholz neben dem Mittendurchmesser zusätzlich die Durchmesser am dickeren und dünneren Ende aufgenommen und an allen Höhenmessbäumen mit einem BHD ab 20 cm der Stammdurchmesser in 7 m Höhe gemessen, womit ein höherer Aufwand verbunden war. Dagegen haben die Verwendung der Navigationsgeräte beim Auffinden der Trakte und der Verzicht einer Traktvorklärung im Sinne der BWI zu Zeiteinsparungen geführt (siehe Kapitel 2.2.5.1.3).

Zur Beurteilung von Kostenumfang und Kostenstruktur sind darüber hinaus weitere Faktoren zu berücksichtigen. Aufgrund der bereits vorhandenen Vorarbeiten aus der BWI 2 konnten bei der Erstellung von spezifischen Softwarelösungen, wie der Datenerhebungs- und Auswertesoftware sowie der Navigationssoftware BWI-Nav, Kostenvorteile erreicht werden. Gleiches gilt für den Einsatz bereits intensiv eingearbeiteten Personals bei der Konzeption, der Inventurleitung, dem Datenmanagement und der Auswertung. Eine genaue Quantifizierung dieser Kostenvorteile ist mangels klarer Vergleichswerte jedoch nicht möglich. Ebenso ist eine Abschätzung der allgemeinen Verwaltungskosten des vTI und der durch die umfangreichen Beschaffungen bei dem vTI und der zentralen Vergabestelle der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung entstandenen Kosten, zum Beispiel für die Abwicklung von Ausschreibungen, nur schwer realisierbar.

Demgegenüber stehen relativ hohe Kosten für die Beschaffung benötigter Technik und Ausrüstung gemessen an der relativ kurzen Nutzungsdauer dieser Güter im Rahmen der Inventurstudie. Eine nur partielle Anrechnung dieser Beschaffungskosten auf die Aufwendungen für die IS08, beispielsweise über Abschreibungszeiträume, ist einerseits durch die Beanspruchung der Ausrüstung, die deutlich über einer regulären Nutzung lag, was anhand hoher Reparaturkosten zu erkennen war, nicht möglich. Andererseits bestanden zu anlassbezogenen Beschaffungen nach intensiver Prüfung keine praktikablen Alternativen, wie z. B. Anmietung von Krafffahrzeugen oder IT-Ausrüstung. Festzuhalten ist jedoch, dass die für die IS08 beschaffte Ausrüstung nach Abschluss der Arbeiten für weitere Projekte im Institut eingesetzt wird und darüber hinaus auch dem gesamten vTI zur Verfügung steht.

2.3 Kohlenstoffvorräte

2.3.1 Biomasse

Für die Berechnung von C-Vorräten wurden für die alten Bundesländer zum Stichjahr 1987 die Daten der BWI 1 (ca. 230.000 vermessene Bäume) verwendet. Für die neuen Bundesländer liegen mit dem Datenspeicher Waldfonds die Daten der Forsteinrichtung bis 1993 in aggregierter Form zur C-Vorratsberechnung vor. Die BWI 2 mit ca. 377.000 vermessenen Bäumen bildet die Datengrundlage für das Stichjahr 2002 für Deutschland. Diese Datenquellen bilden so gute Berechnungsgrundlagen für die C-Vorratsveränderungsschätzungen, dass die „stock-change-method“ der „default-method“ vorgezogen werden konnte (IPCC, 2003: S. 3.24). Ergänzt werden die BWI-Daten durch die wiederholte Aufnahme von ca. 83.000 Bäumen in der Inventurstudie 2008.

2.3.1.1 Herleitung der Einzelbaumbiomassen

Die Biomasse eines Baumes wird schrittweise geschätzt, z. B. über Biomassefunktionen, die auf die gemessenen Daten der Inventur angewendet werden können. Diese Funktionen liefern Trockenmassen von Bäumen, meist mit den Eingangsgrößen Brusthöhendurchmesser (BHD) und Höhe (H). Im zweiten Schritt wird die Biomasse mit ihrem Kohlenstoffgehalt multipliziert und so die gesamte C-Masse des jeweiligen Einzelbaumes berechnet. Leider basieren die Erkenntnisse vorliegender Biomasseuntersuchungen auf einer geringen Stichprobenzahl, stammen von Bäumen, die in anderen Klimazonen wuchsen (Skandinavien, Sibirien, Nordamerika) und/oder repräsentieren nur die lokalen Wuchs- und Standortverhältnisse sowie deren Behandlungsvarianten. Deren Anwendung würde somit zu einer Verzerrung der Biomasseschätzungen führen. Daher wurde ein Verfahren angewandt (Pistorius et. al., 2006), bei dem das aus der Inventur verfügbare Derbholzvolumen in das oberirdische Baumholzvolumen expandiert wird. Zum oberirdischen Baumholzvolumen gehören die Äste sowie die Blattorgane bei immergrünen Baumarten. Die Schätzung des Baumholzvolumens aus dem Derbholzvolumen erfolgt mithilfe von Regressionsbeziehungen, die den Zusammenhang zwischen dem oberirdischen Derbholzvolumen und dem oberirdischen Baumholzvolumen beschreiben. Diese Volumenexpansionsfunktionen wurden aus den Tafeln von Grundner & Schwappach (1952) abgeleitet, welche auf einer umfangreichen Datengrundlage von 71.051 Bäumen beruhen. Trotz des Alters der Datengrundlage wird angenommen, dass sie derzeit für Deutschland am besten geeignet ist.

Anschließend erfolgte die Schätzung der oberirdischen Biomasse der Einzelbäume durch die Multiplikation der Baumholzvolumen mit der Raumdichte. Dazu wurden die baumartengruppenspezifischen Dichteangaben von Kollmann (1982) genutzt. Diese weisen Spannweiten auf, so dass über eine Dreiecksverteilung Fehlerbetrachtungen ermöglicht werden. Den höheren Raumdichten in den Ästen (Hakkila, 1972) kann mit dieser Methode Rechnung getragen werden, da die Differenz aus Baumholzvolumen und Derbholzvolumen der Astmasse entspricht. Diese Trennung wurde für die Dichten nach Kollmann (1982) vorgenommen.

Die unterirdische lebende Biomasse wurde über Bestandesmassenverhältnisse abgebildet. Hierzu wurde die oberirdische Biomasse, nach Baumarten getrennt, für jeden Stichprobenpunkt auf den Hektarwert aggregiert. Dieser Wert wurde mit den IPCC-Standardwerten (IPCC, 2003, Table 3A.1.8) multipliziert, um die Wurzelbiomasse abzuleiten.

Bei der Anwendung der „stock-change“-Methode wurde die lebende Biomasse in die Kompartimente Derbholzvolumen, Astvolumen und Wurzelmasse getrennt. Die Umwandlung der oberirdischen Volumina in Massen erfolgte mit baumartenspezifischen Raumdichten. Die Gleichung 1 und Gleichung 2 der C-Vorratsbestimmung nach der „stock-change“-Methode wurden daher nach Pistorius et al. (2006) in die Form nach Gleichung 3 gebracht. Der erste Term dieser Gleichung (Derbholz, Astholz) wurde auf jeden Baum angewandt und die Ergebnisse zu Bestandeswerten aggregiert. Die nach Baumartengruppen getrennten Bestandeswerte dienen der Ableitung der unterirdischen Biomasse im zweiten Term der Gleichung 3.

Gleichung 1

$$\Delta C = (C_{t_2} - C_{t_1}) / (t_2 - t_1)$$

Gleichung 2

$$C = (D * rd * BEF) * (1 + R) * CF$$

Gleichung 3

$$C = (D * rd_{stamm} + D * rd_{ast} * (VEF - 1)) * (1 + R) * CF$$

mit:

C	= Kohlenstoffvorrat
t	= Zeitpunkt einer Inventur
D	= Derbholzvolumen
rd _{stamm}	= Stamm-Raumdichte
rd _{ast}	= Ast-Raumdichte
BEF	= Biomasseexpansionsfaktor
VEF	= Volumenexpansionsfaktor ⁴
R	= Wurzel/Spross-Verhältnis
CF	= Kohlenstoffgehalt

⁴ Nach IPCC wird hier ein Biomasseexpansionsfaktor (BEF) benutzt. Der Begriff BEF wird in der Literatur jedoch sehr unterschiedlich verwendet. Daher wird im Folgenden der Begriff Volumenexpansionsfaktor (VEF) benutzt, der das Verhältnis oberirdisches Volumen/Derbholzvolumen bezeichnet.

2.3.1.1.1 Konvertierung in oberirdische Biomasse

Das Derbholzvolumen D eines jeden Einzelbaumes wird über die Parameter Brusthöhendurchmesser (BHD), Baumhöhe (H) und den Durchmesser in 7 m Höhe (D_7) mit Hilfe der BWI-Volumenfunktionen hergeleitet. Die Konvertierung von Derbholzvolumen D in Biomasse (in Tonnen) erfolgt über baumartengruppenspezifische Raumdichtewerte rd_{stamm} , welche durch die Funktion

Gleichung 4

$$r = r_0(1 - \beta_v / 100)$$

mit:

r	= Raumdichte
r_0	= Rohdichte
β_v	= Volumenschwundmaß

in Abhängigkeit des Volumenschwundmaßes aus den in Kollmann (1982) genannten Rohdichten hergeleitet wurden. Die Rohdichten nach Kollmann (siehe Tabelle 8) geben die Spannweiten der Rohdichten und deren Mittelwert für die wichtigsten Baumarten wieder. Die genannten Spannweiten bilden die Grundlage zur Herleitung des Fehlerrahmens, welcher durch die Konvertierung des Derbholzvolumens in Biomasse entsteht. Zum Vergleich sind in Tabelle 8 auch Raumdichten nach IPCC (2003) und Knigge & Schulz (1966) aufgeführt. Diese sind mit denen von Kollmann (1982) vergleichbar, liefern aber keine Fehlerangaben.

Tabelle 8: Raumdichten rd in $[g/cm^3]$ von IPCC (2003), Kollmann (1982) und Knigge & Schulz (1966)

Gattung	Art	Stamm (IPCC)	Ast (IPCC)	Stamm (Kollmann)	Ast (Kollmann)	Knigge & Schulz (Ast, Stamm)	βV [%] (Kollmann)
Picea	abies	0,40	0,54	0,38	0,51	0,38	11,9
Picea	(sonstige)	0,40	0,54	0,38	0,51	0,38	11,9
Pinus	sylvestris	0,42	0,56	0,43	0,58	0,43	12,1
Pinus	strobus	0,32	0,43	0,43	0,58	0,43	12,1
Pinus	(sonstige)	0,42	0,56	0,43	0,58	0,43	12,1
Abies	alba	0,40	0,54	0,36	0,49	0,37	11,5
Abies	(sonstige)	0,40	0,54	0,36	0,49	0,37	11,5
Pseudotsuga	menziesii	0,45	0,60	0,41	0,56	0,41	11,9
Larix	decidua	0,46	0,62	0,49	0,66	0,49	11,4
Larix	kaempferi	0,49	0,66	0,49	0,66	0,49	11,4
Thuja	spec.	0,31	0,42	0,38	0,51	0,38	11,9
Tsuga	spec.	0,42	0,56	0,38	0,51	0,38	11,9
Nadelbäume	(sonstige)	0,40	0,54	0,38	0,51	0,38	11,9
Fagus	sylvatica	0,58	0,64	0,56	0,61	0,55	17,9
Quercus	robur	0,58	0,62	0,57	0,61	0,56	12,2
Quercus	petraea	0,58	0,62	0,57	0,61	0,56	12,2
Fraxinus	exelsior	0,57	0,60	0,56	0,60	0,56	13,2
Carpinus	betulus	0,63	0,69	0,64	0,70	0,56	18,8
Acer	spec.	0,52	0,57	0,52	0,57	0,56	11,5
Tilia	spec.	0,43	0,47	0,42	0,46	0,56	12,1
Robinia	pseudoacacia	0,58	0,64	0,65	0,71	0,56	11,5
Ulmus	spec.	0,51	0,54	0,56	0,59	0,56	14,9
Castanea	sativa	0,48	0,51	0,56	0,59	0,56	11,4
Betula	spec.	0,51	0,56	0,53	0,58	0,38	13,2
Alnus	spec.	0,45	0,49	0,43	0,47	0,38	17,9
Populus	spec.	0,35	0,38	0,35	0,39	0,38	13,7
Salix	spec.	0,45	0,49	0,46	0,51	0,38	13,7
Prunus	spec.	0,49	0,54	0,56	0,61	0,38	12,6
Laubbäume	(sonstige)	0,58	0,64	0,56	0,61	0,38	13,7

Die Expansion des Derbholzvolumens D zu oberirdischem Baumholzvolumen B wurde über die in Pistorius et al. (2006) veröffentlichten Funktionen zur Herleitung von Volumenexpansionsfaktoren (VEF) in der Form

Gleichung 5

$$VEF = B / D = (a + bD) / D$$

realisiert. Die Parameter a und b zur Berechnung der VEF sind in Tabelle 9 aufgeführt.

Tabelle 9: Modellkoeffizienten für die Ableitung von Volumenexpansionsfaktoren

Modell	a	b
Birke	0,017493	1,121933
Buche Alter bis 60	0,011942	1,207371
Buche Alter 61 bis 100	0,008184	1,196184
Buche Alter ab 101	0,030255	1,128104
Eiche	0,101879	1,051529
Erle	0,004825	1,068903
Fichte Alter bis 60	0,036697	1,148143
Fichte Alter ab 61	0	1,177947
Kiefer Alter bis 80	0,009946	1,156659
Kiefer Alter ab 81	0,036883	1,076103
Tanne Alter bis 80	0,019457	1,168262
Tanne Alter 81 bis 120	0	1,228069
Tanne Alter ab 121	0	1,219492
Lärche	0,063265	1,057712

Die Differenz aus Baumholzvolumen und Derbholzvolumen wird als Astholz definiert. Astholz ist aufgrund seiner Belastungen dichter als Stammholz. Die Differenzierung verschiedener Kompartimente ermöglicht es, vom Derbholz abweichende Dichten für das Astholz anzuwenden. Die erforderlichen Daten wurden in Anlehnung an Hakkila (1972) hergeleitet, welcher die Hölzer nach physiologischen Gruppen in Koniferen, ringporige Laubhölzer und zerstreutporige Laubhölzer einteilt. In der Tabelle 10 sind Mittelwerte für 8 Koniferen, 8 ringporige Laubhölzer und 4 zerstreutporige Laubhölzer dargestellt. Es wurde ein Verhältnis für diese physiologischen Baumartengruppen abgeleitet und die Raumdichten nach Kollmann (1982) entsprechend erhöht.

Tabelle 10: Raumdichten für Astholz

	Stammholz [g/cm ³]	Astholz [g/cm ³]	Verhältnis Ast/Stamm-Dichte
Koniferen	0,36	0,49	1,34
Zerstreutporige Laubhölzer	0,49	0,54	1,10
Ringporige Laubhölzer	0,54	0,57	1,06

Die oberirdische Biomasse B_o für einen Einzelbaum ergibt sich demnach aus der Summe der Derbholzbiomasse und der Astholzbiomasse nach folgender Gleichung:

Gleichung 6

$$B_o = D * rd_{stamm} + D * \left(1 - \frac{a + bD}{D}\right) * rd_{ast}$$

2.3.1.1.2 Konvertierung in unterirdische Biomasse

Im Unterschied zur Herleitung der oberirdischen Biomasse wurde die Wurzeltrockensubstanz nicht über das Volumen und die Raumdichte berechnet, sondern direkt aus der oberirdischen Masse geschätzt. Dies erfolgte mit Hilfe des Wurzel/Spross-Verhältnisses (root/shoot-ratio) auf Bestandesebene mit den Werten aus Tabelle 3A.1.8 IPCC (2003) (siehe Tabelle 11). Um die Bestandeswerte zu ermitteln, wurde die oberirdische Biomasse für jeden Stichprobenpunkt differenziert nach Baumartengruppen auf den Hektar hochgerechnet und anschließend die unterirdische Biomasse abgeleitet. Die IPCC-Tabelle hat den Vorteil, dass sie den Standardfehler der Schätzung angibt.

Tabelle 11: Wurzel/Spross-Verhältnis (root/shoot-ratio) auf Bestandesebene nach IPCC (2003)

Vegetationstyp	Oberirdische-Biomasse [t/ha]	Mittleres Wurzel/Spross-Verhältnis	Standardfehler	Unterer Bereich	Oberer Bereich
Nadelbäume (Plantagen)	<50	0,46	0,21	0,21	1,06
	50-150	0,32	0,08	0,24	0,50
	>150	0,23	0,09	0,12	0,49
Eichenwald	>70	0,35	0,25	0,20	1,16
andere Laubbaumarten	<75	0,43	0,24	0,12	0,93
	75-150	0,26	0,10	0,13	0,52
	>150	0,24	0,05	0,17	0,30

2.3.1.1.3 Konvertierung der Einzelbaumbiomasse in Kohlenstoff

Für die Konvertierung der Biomasse in C-Vorräte wurde der IPCC-Defaultvalue (IPCC, 2003, Gleichung 3.2.3) von 0,5 angewandt. Wirth et al. (2004) berichten, dass die Unterschiede zwischen den Kompartimenten innerhalb einer Baumart größer sind als die Unterschiede zwischen den Baumarten. Sie kommen auf eine Spanne von 0,5 bis 0,56 gC/g Trockensubstanz in Nadelbäumen. Der relative Standardfehler des Kohlenstoffgehaltes in Holz wird von Burschel et al. (1993) mit 1 % bis 2 % angegeben, Weiss et al. (2000) benutzten 2 %. Insgesamt scheint daher ein mittlerer C-Gehalt von 0,5 gC/g eine angemessene Annahme für den durchschnittlichen Gehalt mit einem relativen Standardfehler von ± 2 %.

2.3.1.2 Hochrechnung

2.3.1.2.1 Hochrechneralgorithmen für den Zustand von 1987, 2002, 2008

An dieser Stelle werden die Hochrechnungsprozeduren für einen stratifizierten Stichprobenplan für die Zielgrößen Derbholzvorrat, Totholzvorrat, Biomasse und Kohlenstoff zu einem Zeitpunkt vorgestellt. Die Stratifizierung ist notwendig, da in einigen Bundesländern das Stichprobennetz verdichtet wurde. Es handelt sich hierbei um sogenannte Samplingstraten. Berechnet werden die Zustände zu den Zeitpunkten 1987, 2002 und 2008. Die Hochrechneralgorithmen sind für unterschiedliche Aussageeinheiten (gesamtes Bundesgebiet, verschiedene Regionen (Ost/West) und unterschiedliche LULUCF- bzw. ARD-Klassen) identisch.

Die Bundeswaldinventur ist eine Traktstichprobe. Die kleinste Stichprobeneinheit ist der Trakt (Cluster) mit vier Traktecken (Probepunkten). An der Grenze des Inventurgebietes bzw. der Straten gibt es jedoch unvollständige Trakte mit variabler Größe, d. h. die Anzahl der Stichprobenpunkte (Traktecken im Wald und Nichtwald) innerhalb eines Traktes kann zwischen den Werten 1 bis 4 variieren. Für jeden Trakt c , der im Stratum l lokalisiert ist, muss vorab die lokale Dichte (Y) berechnet werden:

Gleichung 7

$$Y_{lc} = \frac{\sum_{m=1}^M I_{l,c,m} Y_{l,c,m}}{M_{l,c}}$$

mit $M_{l,c}$ = Anzahl Stichprobenpunkte des Traktes c im Stratum l . Daraus ergibt sich der Mittelwertschätzer bezogen auf Wald und Nichtwald für das Stratum l wie folgt:

Gleichung 8

$$\hat{Y}_l = \frac{\sum_{c_l=1}^{C_l} M_{l,c} Y_{lc}}{\sum_{c_l=1}^{C_l} M_l}$$

Der Gesamtschätzer für eine Zielgröße über alle Straten hinweg (\hat{Y}_{st}) ist ein mit den Flächenanteilen der Straten gewichteter Mittelwert aus den einzelnen Stratenschätzern:

Gleichung 9

$$\hat{Y}_{st} = \sum_{l=1}^L \frac{\lambda(U_l)}{\lambda(U)} \hat{Y}_l$$

Das Total einer Zustandsschätzung ergibt sich durch Multiplikation des Gesamtschätzers mit der Gesamtfläche $\lambda(U)$.

Gleichung 10

$$\hat{Y}_{st} = \hat{R}_{st} \lambda(U)$$

Der (wald-) flächenbezogene Mittelwert ist definiert als Quotienten- oder Ratioschätzer (\hat{R}_{st}) aus:

Gleichung 11

$$\hat{R}_{st} = \frac{\hat{Y}_{st}}{\lambda(U_{Wald})}$$

2.3.1.2.2 Hochrechnungsalgorithmen für die Veränderung zwischen 1987 und 2002 bzw. 2002 und 2008 (Herleitung der Vorratsveränderung nach der „stock-change-method“)

Für die Berechnung der Veränderung zwischen zwei Zeitpunkten wurde die CFI (Continuous Forest Inventory) -Methode gewählt. Für die Hochrechnung werden dabei nur die Traktecken herangezogen, die zu beiden Zeitpunkten aufgenommen wurden. Die Veränderungsschätzung beruht somit auf der Differenz beider Zustandsschätzungen. Auf Ebene der Straten wird die Gesamtveränderung geschätzt durch:

Gleichung 12

$$\hat{G}_l = \hat{Y}_l^{(t2)} - \hat{Y}_l^{(t1)}$$

Die Schätzung der Gesamtveränderung über die Straten hinweg für die gesamte Aussageeinheit erfolgt analog zu Gleichung 9. Die Schätzung des Veränderungstotals berechnet sich nach Gleichung 13. Die Veränderung des flächenbezogenen Mittelwertes ergibt sich aus:

Gleichung 13

$$\hat{G}_{R_{st}} = \hat{R}_{st}^{(t2)} - \hat{R}_{st}^{(t1)}$$

2.3.1.3 Interpolation der Zeiträume hin zu jährlichen Veränderungsschätzungen

Da es sich bei der Bundeswaldinventur um eine periodisch wiederkehrende Inventur handelt, müssen die Veränderungsschätzungen zwischen zwei Zeiträumen interpoliert werden, um jährliche Veränderungsdaten, sogenannte Emissionsfaktoren, zu erhalten. Für die Zeiträume zwischen der BWI 1 (Stichjahr 1987) und der BWI 2 (Stichjahr 2002) sowie der Inventurstudie 2008 erfolgte eine lineare Interpolation auf Ebene der LULUCF- bzw. ARD-Klassen. Der Emissionsfaktor EF für eine LULUCF-Klasse ist somit als Quotient des flächenbezogenen Mittelwertes und der Anzahl Jahre a im Inventurintervall definiert:

Gleichung 14

$$EF = \hat{R}_{st}^{(t1t2)} / a$$

Im Falle einer nötigen Fortschreibung der Veränderungsschätzungen über den Inventurzeitraum hinaus (Extrapolation) wurde ebenfalls ein linearer Trend gewählt.

2.3.2 Totholz

Für die Berechnung der Kohlenstoffvorräte im Totholz wurden die Daten der BWI 2 (BMELV, 2005a) und der Inventurstudie 2008 verwendet. Die terrestrische Aufnahme der BWI 2 beschränkte sich auf Totholz mit einem Durchmesser ab 20 cm am dickeren Ende bei liegendem Totholz bzw. BHD bei stehendem Totholz sowie Stöcke ab 50 cm Höhe oder 60 cm Schnittflächendurchmesser (BMVEL, 2001). Aufgrund der Vorgaben der Klimaberichterstattung wurde die Erfassungsgrenze für Totholzobjekte bei den Erhebungen der Inventurstudie 2008 auf einen Durchmesser ab 10 cm am dickeren Ende gesenkt (BMELV, 2010). Bei beiden Waldinventuren erfolgte eine Unterteilung in die drei Baumartengruppen Nadelbäume, Laubbäume (außer Eiche) und Eiche. Der Zersetzungsgrad des Totholzes wurde nach vier Kategorien angesprochen (BMELV, 2010, BMVEL, 2001).

Für die Berichterstattung nach IPCC (2003) wurde aus den in der Inventurstudie erhobenen Daten die Relation des Totholzvorrates zwischen der Aufnahmegrenze von 10 cm und 20 cm ermittelt. Unter der Annahme, dass dieses Verhältnis zum Zeitpunkt der BWI 2 gleich war, erfolgte die Schätzung des Totholzvorrates ab 10 cm Aufnahmegrenze für das Jahr 2002. Für die Totholzvorräte der BWI 2 (2002) und der Inventurstudie (2008) wurde die Biomasse für die einzelnen Zersetzungsgrade mit der Raumdichte nach Fraver et al. (2002) für Nadelholz und nach Müller-Using & Bartsch (2009) für Laubholz ermittelt. Für die Berechnung der Raumdichte des Laubholzes wurden die Totholzobjekte der Baumartengruppen Laubbäume (außer Eiche) und Eiche zusammengelegt. Die jährliche Änderung des C-Vorrates im Totholz wurde nach Gleichung 15 (IPCC, 2003, Gleichung 3.2.12) berechnet.

Gleichung 15

$$\Delta C_{FFDW} = [A * (TV_{t_2} - TV_{t_1}) / t] * CF$$

mit:

ΔC_{FFDW}	= jährliche Änderung des Kohlenstoffvorrates im Totholz auf verbleibenden Waldflächen [t C a ⁻¹]
A	= Fläche des verbleibenden Waldes [ha]
TV _{t₁}	= Totholzvorrat zum Zeitpunkt t ₁ für den verbleibenden Wald [kg TM ha ⁻¹]
TV _{t₂}	= Totholzvorrat zum Zeitpunkt t ₂ (vorherige Zeit) für den verbleibenden Wald [kg TM ha ⁻¹]
t = (t ₂ - t ₁)	= Zeitraum zwischen den beiden Schätzungen [a]
CF	= Kohlenstoffkonversionsfaktor (Standardwert = 0,5) [t C(t TM) ⁻¹]

2.3.3 Waldbrand

Während in anderen Ländern Feuer in Form von „kontrollierten Bränden“ (prescribed burning) als Methode zur Flächenberäumung dienen oder Bestandteil der Bewirtschaftung von Ökosystemen sind, wird im bewirtschafteten Wald in Deutschland keine kontrollierte Verbrennung von Biomasse durchgeführt. Aufgrund der klimatischen Lage Deutschlands und der Maßnahmen zur Vorbeugung von Waldbränden sind diese ein eher seltenes Ereignis, was durch die in der Waldbrandstatistik (BLE, 2009) erfassten Waldbrandflächen bestätigt wird (siehe Abbildung 22). Für den Zeitraum 1990 – 2008 lag die mittlere Waldbrandfläche bei 910 ha. Sehr hohe Temperaturen in den Sommermonaten führten zu höheren Waldbrandflächen, wie z. B. in den Jahren 1996 und 2003. Eine überdurchschnittlich hohe Waldbrandfläche von rund 4.900 ha wurde im Jahr 1992 ermittelt, das durch einen extrem warmen Sommer geprägt war.

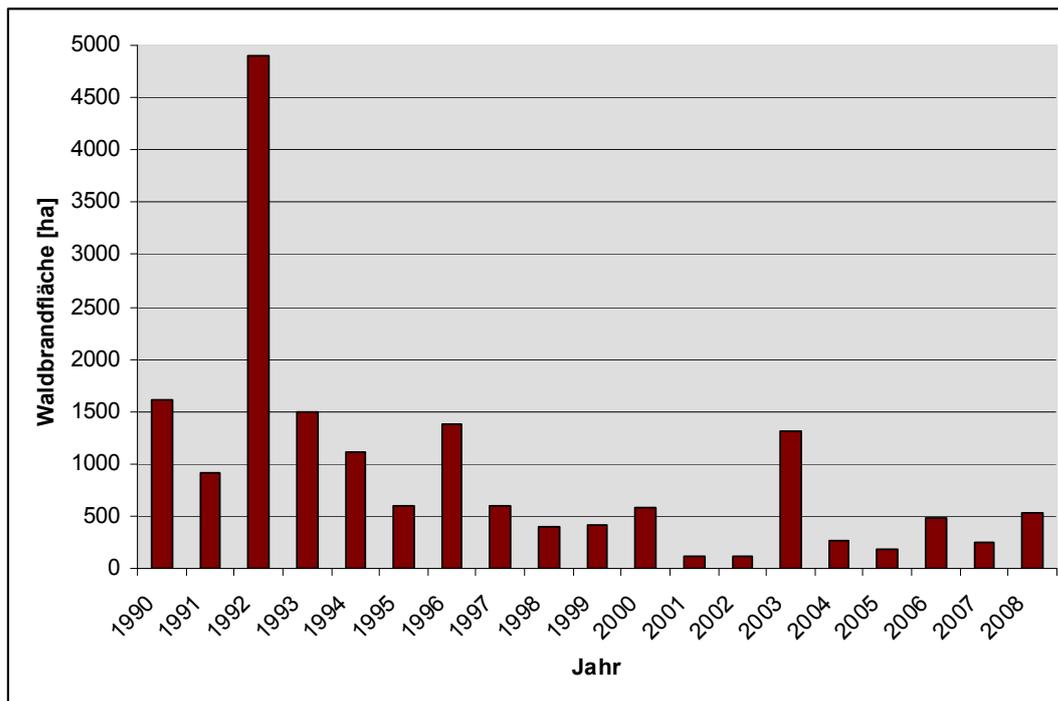


Abbildung 22: Waldbrandflächen zwischen 1990 und 2008 (nach BLE, 2009)

Bei Waldbränden („wildfires“) werden neben CO₂ auch sonstige Treibhausgase (CO, CH₄, N₂O und NO_x) freigesetzt. Die Emissionen der genannten Treibhausgase wurden nach Gleichung 16 (IPCC, 2003, Gleichung 3.2.20) berechnet.

Gleichung 16

$$L_{fire} = A * B * C * D * 10^{-6}$$

mit:

L_{fire}	= Menge des durch Feuer freigesetzten Treibhausgases [t]
A	= Waldbrandfläche [ha]
B	= Masse des vorhandenen Brennmaterials (Biomasse) [kg TM ha ⁻¹]
C	= Verbrennungseffizienz
D	= Emissionsfaktor [g(kgTM) ⁻¹]

Die Waldbrandflächen für die Jahre 1990 bis 2008 wurden aus der bei der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung geführten Waldbrandstatistik (BLE, 2009⁵) entnommen. Die durchschnittliche oberirdische Biomasse wurde aus den Werten der BWI 2 und der IS08 für jedes einzelne Jahr linear extra- oder interpoliert. Basierend auf der Expertenschätzung von König (2007) sind 80% der Waldbrände in Deutschland Bodenfeuer und 20% Vollfeuer. Nach Tabelle 3A.1.12 (IPCC, 2003) wurde eine Verbrennungseffizienz (Massenverlust durch direkte Verbrennung) von 0,15 für Bodenfeuer und 0,45 für Vollfeuer angewendet. Die Emissionsfaktoren wurden aus Tabelle 3A.1.16 (IPCC, 2003) entnommen.

⁵ Die Waldbrandfläche für das Jahr 1990 ist eine Angabe des Referates 324 der BLE.

2.3.4 Streu

Die Beprobung der Streu erfolgte anhand von Mischproben an Satelliten mit Stechrahmen unterschiedlicher Größe. Als Streu wurde die gesamte tote organische Auflage mit einer Fraktion < 20 mm angesehen. Bei ca. 80 % der Punkte wurde auch die Fraktion > 20 mm als Streu beprobt. Die Messung der organischen Kohlenstoffkonzentration der Streu erfolgte durch eine vergleichbare Methodik (König et al., 2005). Dabei gilt, dass der Gesamtkohlenstoff (C_{ges}) gleich dem organischen Kohlenstoff (C_{org}) ist ($[C_{\text{ges}}] = [C_{\text{org}}]$). Der Kohlenstoffvorrat der Streu errechnete sich aus der Fläche des Stechrahmens sowie aus dem Gewicht und der organischen Kohlenstoffkonzentration der Streu. In die Berechnung der Kohlenstoffvorräte der Streu gingen alle für die BZE II und BioSoil vorliegenden Punkte mit Angaben zum Waldtyp ein. Alle Werte kleiner oder größer der doppelten Standardabweichung ($x \pm 2 \sigma$) wurden als Ausreißer aufgefasst und gelöscht ($n = 16$).

Die Berechnung der Kohlenstoffvorratsänderungen in der Streu wurde auf 718 Beprobungspunkte beschränkt, da nur diese einen Vergleich zwischen BZE I und BZE II/BioSoil zuließen. Diese Gruppe wurde als gepaarte Stichprobe aufgefasst. Es wurde die Differenz der Vorräte gebildet und mit einem zweiseitigen T-Test für gepaarte Stichproben getestet.

2.3.5 Mineralböden

Die Beprobung des Mineralbodens erfolgte an den meisten BZE-Punkten in Tiefenstufen von 0 - 5 cm, 5 - 10 cm und 10 - 30 cm. In wenigen Fällen wurde horizontweise beprobt. Bei der BioSoil-Inventur erfolgte die Beprobung in Tiefenstufen von 0 - 5 cm, 5 - 10 cm, 10 - 20 cm und 20 - 40 cm.

Mit der Beprobung wurden die Trockenrohdichte des Feinbodens (TRD_{fb}) und die Konzentration des organischen Kohlenstoffs (C_{org}) erfasst. Die Trockenrohdichte des Feinbodens wurde durch volumengerechte Beprobung tiefenstufenweise ermittelt, wobei teilweise am Bodenprofil ermittelte Schätzwerte genutzt wurden (Wolff & Riek, 1996, Wellbrock et al., 2006). Fehlende Angaben zur Trockenrohdichte sind durch vorhandene Werte aus anderen Inventuren ersetzt worden. Dies galt ebenfalls für den zur Berechnung der TRD_{fb} und des Feinbodenvorrats notwendigem Grobbodenanteil.

Die Kohlenstoffbestimmung (C_{ges}) wurde mit vergleichbarer Methodik durchgeführt (König et al. 2005). In karbonathaltigen Böden erfolgte die Messung der organischen Kohlenstoffkonzentration des Feinbodens unter Berücksichtigung des Gehalts an anorganischem Kohlenstoff (C_{anorg}) ($[C_{\text{org}}] = [C_{\text{ges}}] - [C_{\text{anorg}}]$). Bei nicht-karbonathaltigen Böden gilt $[C_{\text{org}}] = [C_{\text{ges}}]$.

Die Kohlenstoffvorräte wurden aus den Vorräten der einzelnen Tiefenstufen berechnet. Dazu mussten horizontweise erhobene Daten zunächst in Tiefenstufenabschnitte überführt werden, indem die Kohlenstoffvorräte einer Tiefenstufe gewichtet nach den Mächtigkeiten der sich überschneidenden Abschnitte und deren C-Vorräte berechnet wurden. Dies geschah ebenfalls für die abweichende Tiefenstufe 20 - 40 cm der BioSoil-Inventur.

Für die Berechnung der Kohlenstoffvorräte und deren Veränderungen zwischen beiden Inventurzeitpunkten wurde durch die Bildung von Straten ein flächenbezogener Ansatz gewählt. Grundlage zur Bildung von flächenrelevanten Straten waren die 72 Legendeneinheiten der Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000 (BÜK 1000). In dieser Karte sind Leitbodentypen und Ausgangsgesteine der Bodenbildung nach deutscher Bodensystematik (AG Boden,

1994) und FAO Legende (FAO, 1990) beschrieben. Da die einzelnen Klassen unterschiedlich stark mit Stichprobenpunkten besetzt waren, wurden die einzelnen Leitbodeneinheiten zu neuen Leitbodeneinheiten aggregiert, was die Grundgesamtheit je Klasse steigerte und die damit verbundene statistische Aussagekraft erhöhte. Die Klassenbildung orientierte sich sowohl nach vergleichbaren Bodentypen als auch nach Substrattyp bzw. Ausgangsgestein sowie nach Bodenart und Kalkgehalt. Insgesamt standen 24 neue Leitbodeneinheiten mit dem entsprechenden Ausgangsgestein für die flächenbezogene Auswertung zur Verfügung (Tabelle 12).

Für die Auswertung wurden 1.631 Punkte der BZE I und 1.096 Punkte der BZE II/BioSoil-Inventur verwendet. Für 603 Punkte lagen die Daten als gepaarte Stichprobe vor, d.h. einem BZE I-Punkt konnte genau ein BZE II-Punkt bzw. ein BioSoil-Punkt zugeordnet werden. Nachdem die Kohlenstoffvorräte für jede Leitbodeneinheit zu den unterschiedlichen Inventurzeitpunkten in einer linearen Regression gegeneinander aufgetragen wurden, konnten die Ausreißer mittels Residuen-Analyse identifiziert werden. Ein Beispiel findet sich in Abbildung 23. Student-Residuen halfen Ausreißer zu eliminieren, die nicht mit dem Rest der Daten konsistent erschienen. Außerdem wurde eine "hat matrix" erzeugt, um "leverage"-Punkte zu identifizieren, die Ausreißer innerhalb der unabhängigen Variable darstellen (siehe Abbildung 23) (Weisberg, 2005).

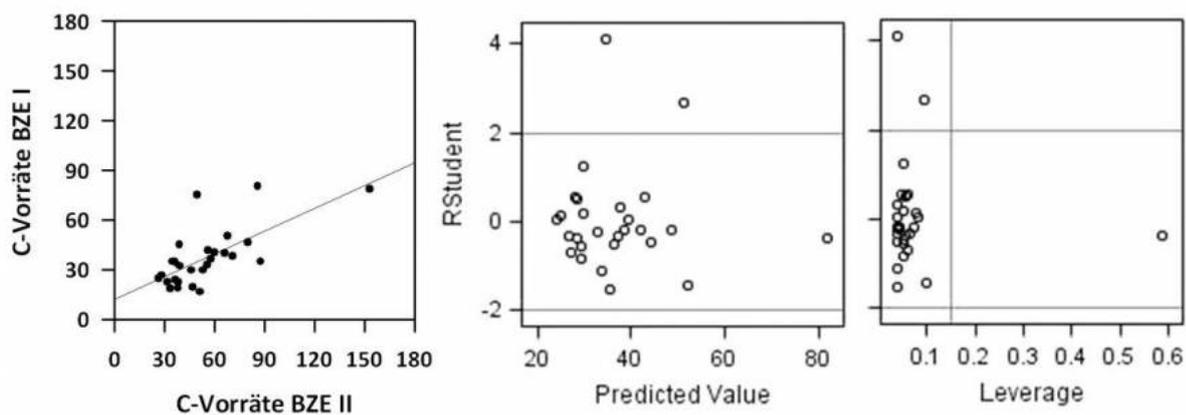


Abbildung 23: Regression zwischen C-Vorräten (0 - 30 cm) der BZE II/BioSoil- und BZE I- Daten (links) sowie die identifizierten Ausreißer anhand der Residuen-Analyse durch Student-Residuen (Mitte) und den "high leverage"-Punkten (rechts) am Beispiel der neu gebildeten Leitbodeneinheit Podsol-Parabraunerde / Podsol-Fahlerde / Fahlerde / Braunerde aus sandigen Deckschichten über Geschiebelehm

Da einige Bundesländer das Raster zwischen BZE I und BZE II verschoben hatten, standen 280 Punkte als ungepaarte Stichprobe zur Verfügung. Hierfür erfolgte die Berechnung der Kohlenstoffvorräte durch Bildung gemittelter Werte je Leitbodeneinheit. Ausreißer sind für jede Klasse mittels doppelter Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2\sigma$) detektiert und anschließend entfernt worden. Danach wurden die mittleren Kohlenstoffvorräte je Leitbodeneinheit mit der Jahresdifferenz in Beziehung gesetzt. Nach Beseitigung der Ausreißer blieben 219 Punkte der BZE I und 274 Punkte der BZE II/BioSoil-Inventur übrig.

Tabelle 12: Zusammengefasste Legendeneinheiten auf Grundlage der BÜK 1000

Abk.	Leitbodeneinheiten nach Substrattyp, Bodenart und Kalkgehalt
1	Regosol / Podsol-Regosol / Lockersyrosem / Braunerde-Podsol / Podsol-Braunerde aus trockenen, nährstoffarmen Sanden
2	Auenboden / Gley aus lehmigen bis tonigen Auensedimenten
3	Auenboden/Gley aus sandigen bis lehmigen, z.T. kalkhaltigen Hochflut- und Auenablagerungen
4	Braunerde / Parabraunerden / Pararendzina aus schluffig-lehmigen Deckschichten auf eiszeitlichen Schotterplatten oder sandigen Terrassenablagerungen
5	Podsol / Podsol-Braunerden / Braunerde-Podsol / Gley-Podsol aus sandigen Fluß- und Terrassenablagerungen
6	Parabraunerde / Fahlerde / Pseudogley-Parabraunerde aus Geschiebelehm
7	Parabraunerde-Tschernosem / Parabraunerde / Pseudogley / Braunerde / Pararendzina aus lehmig-sandigen, kalkhaltigen Moränenablagerungen
8	Pseudogley/Pseudogley-Tschernosem aus Geschiebelehm mit lehmig-sandiger Deckschicht
9	Podsol-Parabraunerde / Podsol-Fahlerde / Fahlerde / Braunerde aus sandigen Deckschichten über Geschiebelehm
10	Pararendzina / Regosol / Bänder-Parabraunerde im engräumigen Wechsel aus sandigen bis lehmigen Bildungen der Endmoräne
11	Podsolierte Pseudogley-Braunerde / Pseudogley-Fahlerde / Braunerde-Pseudogley / Podsol-Pseudogley aus sandigen Deckschichten über Geschiebelehm
12	Braunerde / Pseudogley aus kalkhaltigen, lehmig-sandig-kiesigen, lößvermischten Moränenablagerungen
13	Parabraunerde / Fahlerde / Pseudogley / aus lößvermischten Verwitterungsprodukten verschiedener Silikatgesteine
14	Braunerde / Parabraunerde / Fahlerde aus sandvermischem Löß oder Lößlehm
15	Braunerde / Pseudogley / Parabraunerde aus aus Löß oder Lößlehm
16	Rendzina / Braunerde-Rendzina / Braunerde / Pararendzina aus Kalk-, Mergel- und Dolomitgesteinen im Wechsel mit Terra fusca-Braunerde / Terra fusca-Parabraunerde aus schluffig-tonigen Umlagerungsprodukten der Kalksteinverwitterung
17	Pelosol-Braunerde / Pelosol-Pseudogley aus Verwitterungsprodukten von Mergel- und Tongesteinen
18	Braunerde / Braunerde-Pseudogley aus sauren bis basischen magmatischen und metamorphen Gesteinen oder basischen Tuffen, z.T. mit lößvermischten Verwitterungsprodukten
19	Braunerde / Podsolige Braunerde / Podsol-Braunerde aus sauren magmatischen und metamorphen Gesteinen oder aus Schluff-, Sand- und Tonsteinen
20	Podsolige Braunerde aus lößhaltigen Deckschichten über Sandstein und Quarzit
21	Pseudogley / Podsol-Pseudogley aus lößvermischten grusiglehmigen Deckschichten über Sandstein und Quarzit
22	Braunerde / Podsol-Braunerde / Braunerde-Rendzina / Parabraunerde im engräumigen Wechsel aus Tonschiefer, Grauwacken und Kalksteinen sowie Lößlehm über verschiedenen Gesteinen
23	Rendzina / Pararendzina / Ranker / Podsol-Braunerde / Pelosol-Braunerde / Parabraunerde / Pseudogley im engräumigen Wechsel aus Kalk- und Mergelgesteinen, Sand-, Schluff- und Tonsteinen sowie aus Lößlehm über verschiedenen Gesteinen
24	Böden der montanen und subalpinen Höhenstufen der Alpen aus Kalk- und Dolomitgesteinen sowie aus kalkfreien Silikatgesteinen

Um Kohlenstoffvorratsänderungen flächenbezogen berechnen zu können, wurden die mittleren Kohlenstoffänderungsraten der neuen Leitbodeneinheiten mit der Waldfläche Deutschlands verschnitten. Für jede Leitbodeneinheit konnte der mittleren Kohlenstoffänderung die entsprechende Waldfläche zugeordnet werden. Die Berechnung der durchschnittlich jährlichen Änderung des organischen Kohlenstoffs konnte damit unter Berücksichtigung der vorhandenen Waldfläche für Deutschland stattfinden.

2.3.6 Organische Böden

Die Ermittlung der Flächen der organischen Böden erfolgte mittels eines georeferenzierten Ansatzes durch Verschneidung der BÜK 1000 und der ATKIS-Daten. Zur Abschätzung der Kohlenstoffvorratsunterschiede organischer Böden wurden die Werte aus Tabelle 3.2.3 IPCC (2003) angewendet. Da derzeit keine Angaben zur Flächengröße nicht drainierter organischer Böden vorliegen, wird davon ausgegangen, dass alle organischen Standorte von Drainage betroffen sind und dass die Drainage allein für die Veränderungen verantwortlich ist. Diese Betrachtungsweise führt zu einer Überschätzung der Emissionen aus organischen Böden. Sobald Angaben zu Moorrenaturierungs- oder -erhaltungsflächen verfügbar sind, werden diese in die Flächenermittlung der organischen Böden einbezogen, womit die Berechnung der Kohlenstoff- und Lachgasemissionen verbessert werden kann.

2.4 Qualitätssicherung

Das nationale Emissionsinventar soll nach den Prinzipien der UNFCCC-Richtlinien zur Berichterstattung der jährlichen Inventare transparent, konsistent, vergleichbar, vollständig und akkurat sein (UNFCCC, 2003). Um diesen Anforderungen an die Erstellung der Inventare nachzukommen, werden die anthropogenen Emissionen der sogenannten Annex I-Länder, zu denen auch Deutschland gehört, gemäß den IPCC-Richtlinien zur guten Inventarpraxis geschätzt und berichtet (IPCC, 2000). Dazu zählen u. a. sowohl ein System zur Qualitätskontrolle (QK) als auch zur Qualitätssicherung (QS). Aufbauend auf den in Kapitel 8 der ‚Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories‘ (IPCC, 2000) dargelegten Vorgaben, Methoden und Hinweisen zur Entwicklung und zum Aufbau eines QK/QS-Systems wurde zur Umsetzung der QK und der QS für die deutsche Emissionsberichterstattung das Qualitätssystem Emissionsinventare (QSE) eingeführt. Im QSE-Handbuch (UBA, 2008) ist das Soll-Konzept für einen IPCC-konformen Prozess hinsichtlich der Emissionsberichterstattung für das Nationale System Deutschlands beschrieben.

Die Qualitätskontrolle nach IPCC (2000) ist ein System regelmäßiger Kontrollen und Messungen der Qualität des Inventars, um sicherzustellen, dass:

- Daten zuverlässig, richtig und vollständig sind;
- Fehler und Unvollständigkeiten identifiziert und dargestellt werden;
- alle Daten dokumentiert und archiviert werden;
- alle Aktivitäten zur Qualitätskontrolle aufgezeichnet werden.

Die QK wird nach verschiedenen „Genauigkeitsstufen“ (Tier') differenziert. Tier 1-QK wird bei routinemäßigen QK-Maßnahmen angewandt, während Tier 2-QK bei quellgruppenspezifischen Maßnahmen, wie Emissionsdaten, Aktivitätsdaten und Unsicherheitsschätzungen, zum Einsatz kommt.

Nach der IPCC-Definition (IPCC, 2000) ist die Qualitätssicherung ein System von Prüfmaßnahmen, die von unabhängigen Personen, die nicht direkt in die Inventarerstellung eingebunden sind, durchgeführt werden sollen. Damit werden die folgenden Ziele verfolgt:

- Verifizierung der erreichten Datenqualität in Bezug auf die angestrebten Qualitätsziele;
- Sicherstellung, dass das Inventar den bestmöglichen Schätzungen von Emissionen und Senken unter Berücksichtigung des aktuellen Forschungsstandes und der verfügbaren Daten entspricht;
- Unterstützung der Effektivität des QS-Systems.

Das QSE ist für alle Teilnehmer des Nationalen Systems Emissionsinventare (NaSE) verbindlich. Das QS/QK-System ist hierarchisch gegliedert und für jeden Aufgabenbereich sind die Verantwortlichkeiten, sogenannte „Rollen“, klar definiert. Die Organisation orientiert sich am Prozess der Berichterstattung, um eine direkte und schnelle Kontrolle und Rückmeldung zu gewährleisten. Die Umsetzung und Durchführung der einzelnen QK/QS-Maßnahmen ist direkt mit den Arbeitsschritten der Inventarerstellung verbunden, indem entsprechende Checklisten auszufüllen und Dokumentationen anzufertigen sind. Für die Erstellung der Inventardaten und der Inventarbeschreibung ist der in Tabelle 13 aufgeführte Zeitplan einzuhalten.

Tabelle 13: Zeit- und Aufgabenplanung der Inventarerstellung

Termin	Aufgaben
05. Mai	Anforderung zur Daten- und Berichtstextlieferung durch die Nationale Koordinierungsstelle im UBA an die Fachverantwortlichen
01. September	Berichts- und Datenzulieferungen aus dem UBA und externer Einrichtungen des NaSE
02. September	Validierung/Rücksprachen der Zulieferungen der Fach- und Qualitätsverantwortlichen unter Berücksichtigung der Überprüfungsergebnisse
01. Oktober	Erstellung der CRF-Zeitreihen, Endredaktion durch die Nationale Koordinierungsstelle im UBA
01. November	Hausabstimmung UBA
15. November	Abschließende Qualitätssicherung
30. November	Bericht an das Ministerium zur Einleitung der Ressortabstimmung
15. Januar	Bericht an die europäische Kommission (im Rahmen des CO ₂ Monitoring Mechanismus)
15. April	Bericht an das Klimasekretariat
Mai	Initial Check durch das Klimasekretariat
Juni	Synthesis and Assessment Report I (durch Klimasekretariat)
August	Synthesis and Assessment Report II (landesspezifisch; durch Klimasekretariat)

Alle Tätigkeiten, die im Rahmen der Emissionsberichterstattung und der QS/QK durchgeführt werden, sind rollenspezifisch durch die Beteiligten in Form von Nachweisdokumenten darzustellen. Als zentrale Anforderung an die Dokumentation der Inventarerstellung gilt, dass unabhängige Fachexperten diesen Prozess nachvollziehen und die Ergebnisse reproduzieren können. Die zentralen Nachweisdokumente sind die ausgefüllten QK/QS-Checklisten, die fortgeschriebene Inventarbeschreibung, die dezentralen Dokumentationen der Fachverantwortlichen, der Verbesserungsplan und der Nationale Inventarbericht (NIR) (Abbildung 24).

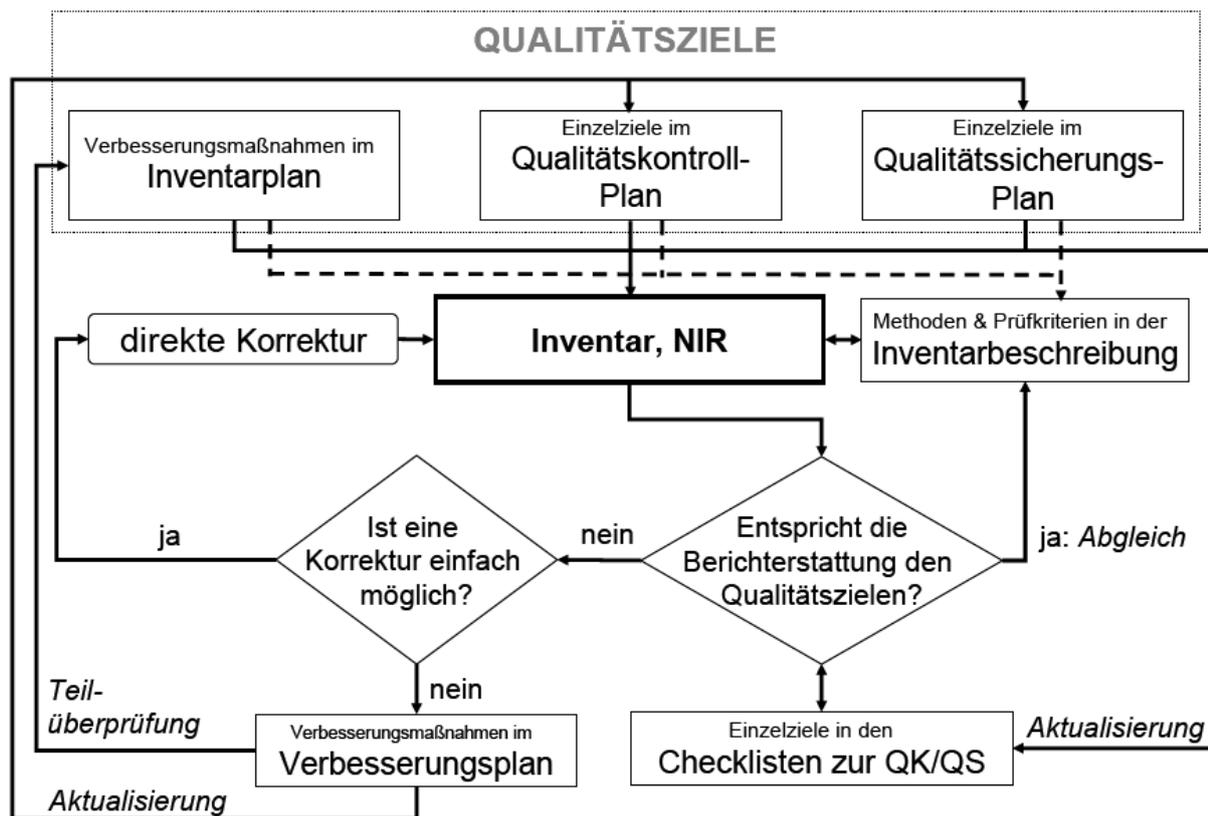


Abbildung 24: Steuerung und Dokumentation im NaSE und im QSE (nach UBA, 2008)

Der QK/QS-Plan dient der Organisation, Planung und Überwachung von Maßnahmen. Um die Durchführung und Kontrolle von Maßnahmen zur Erreichung der Qualitätsziele transparent und effektiv zu steuern, sind diese im QK- und QS-Plan rollenspezifisch und ggf. quellgruppenspezifisch vorgegeben. Der QS-Plan enthält zudem die zeitliche Planung von Qualitätssicherungsmaßnahmen, die durch externe Dritte vorgenommen werden. In ihrer Dokumentenstruktur ist der QK/QS-Plan mit den *Checklisten* zur QK und QS kombiniert, die der Überprüfung und Dokumentation der Durchführung der Qualitätskontrollen dienen. Dabei sind die QK-Checks nicht als Prüfungen sondern als Qualitätsziele definiert, deren Einhaltung jeweils zu bestätigen oder deren Nichteinhaltung zu begründen ist. Sie sind parallel zur Inventarerstellung auszufüllen und geben Auskunft über die Güte der verwendeten Daten und Methoden. Sowohl QK- und QS-Plan als auch Checklisten sind ein unmittelbares Instrument zur Überprüfung der Erfüllung von internationalen Anforderungen an die QK/QS und ermöglichen die Steuerung der Inventarqualität über die Initiierung von Maßnahmen zur Qualitätssicherung.

Im *Verbesserungsplan* werden alle Verbesserungsmöglichkeiten und zusätzlich alle Beanstandungen aus den Ergebnissen der unabhängigen Inventarprüfungen gesammelt und mit möglichen Korrekturmaßnahmen hinterlegt, die entsprechend ihrer Prioritäten teilweise in den *Inventarplan* überführt werden können. Dort werden sie mit Terminen und Verantwortlichkeiten versehen. Der Inventarplan durchläuft als Anhang des NIR den Abstimmungs- und Freigabeprozess und stellt somit ein verbindliches Vorgabedokument für die im kommenden Berichtsjahr umzusetzenden Verbesserungsmaßnahmen dar.

Die *Inventarbeschreibung* enthält eine aktuelle und umfassende Dokumentation aller wesentlichen Aspekte der Inventaranforderungen, der Inventarerstellung und des Inventarzustandes. Sie dient als Hintergrundinformation.

3 ERGEBNISSE

3.1 Bestimmung der Waldfläche und der Flächenveränderungen für die alten und die neuen Bundesländer

Die Flächenmatrix für die verbleibende Waldfläche und die Aufforstungsflächen für die alten Bundesländer für jedes Jahr von 1990 bis 2008 ist in Tabelle 14 dargestellt. Bei diesen Angaben ist die Akkumulierung der Flächen der Veränderungsklassen zu beachten, da diese 20 Jahre in der entsprechenden Klasse verbleiben. Die Flächenveränderungen von Wald zu anderen Landnutzungskategorien sind in Tabelle 15 zu finden. Da diese Flächen nicht akkumuliert werden, kann eine jährliche Veränderungsfläche für die Periode 1990 bis 2008 angegeben werden.

Tabelle 14: Waldfläche, verbleibender Wald und Flächenveränderungen von anderen Landnutzungskategorien zu Neuwald für die alten Bundesländer von 1990 bis 2008

Jahr	Waldfläche [ha]	Verbleibende Waldfläche [ha]	Ackerland zu Wald [ha]	Grünland zu Wald [ha]	Feuchtgebiet zu Wald [ha]	Siedlung zu Wald [ha]	Andere Landnutzungsklasse zu Wald [ha]
1990	7.881.966	7.872.944	1.977	3.669	1.166	2.209	0
1991	7.885.538	7.867.494	3.955	7.338	2.333	4.418	0
1992	7.889.110	7.862.043	5.932	11.007	3.499	6.627	0
1993	7.892.681	7.856.592	7.910	14.675	4.666	8.836	0
1994	7.896.253	7.851.142	9.887	18.344	5.832	11.045	0
1995	7.899.824	7.845.691	11.865	22.013	6.999	13.254	0
1996	7.903.396	7.840.241	13.842	25.682	8.165	15.463	0
1997	7.906.968	7.834.790	15.820	29.351	9.332	17.672	0
1998	7.910.539	7.829.339	17.797	33.020	10.498	19.881	0
1999	7.914.111	7.823.889	19.775	36.689	11.665	22.090	0
2000	7.917.682	7.818.438	21.752	40.357	12.831	24.299	0
2001	7.921.254	7.812.988	23.730	44.026	13.998	26.508	0
2002	7.924.825	7.807.537	25.707	47.695	15.164	28.717	0
2003	7.928.397	7.802.086	27.685	51.364	16.331	30.926	0
2004	7.931.969	7.796.636	29.662	55.033	17.497	33.135	0
2005	7.935.540	7.791.185	31.640	58.702	18.664	35.344	0
2006	7.939.112	7.785.735	33.617	62.370	19.830	37.553	0
2007	7.942.683	7.780.284	35.595	66.039	20.997	39.762	0
2008	7.946.255	7.774.833	37.572	69.708	22.163	41.971	0

Tabelle 15: Jährliche Flächenveränderungen von Wald zu anderen Landnutzungskategorien für die alten Bundesländer

Periode	Wald zu Ackerland [ha/a]	Wald zu Grünland [ha/a]	Wald zu Feuchtgebiet [ha/a]	Wald zu Siedlung [ha/a]	Wald zu anderer Landnutzungs-kategorie [ha/a]
1990-2008	369	1.705	631	2.746	0

Die Flächen in den neuen Bundesländern für den verbleibenden Wald und den Neuwald sind für jedes Jahr von 1990 bis 2008 in Tabelle 16 zusammengefasst. Da Neuwaldflächen 20 Jahre in der entsprechenden Veränderungsklasse verbleiben, werden die Flächen akkumuliert. Die Flächenveränderungen von Wald zu anderen Landnutzungskategorien sind in Tabelle 17 zu finden. Da diese Flächen nicht akkumuliert werden, kann eine jährliche Veränderungsfläche für die Periode 1990 bis 2008 angegeben werden.

Tabelle 16: Waldfläche, verbleibender Wald und Flächenveränderungen von anderen Landnutzungskategorien zu Neuwald für die neuen Bundesländer von 1990 bis 2008

Jahr	Waldfläche [ha]	Verbleibende Waldfläche [ha]	Ackerland zu Wald [ha]	Grünland zu Wald [ha]	Feuchtgebiet zu Wald [ha]	Siedlung zu Wald [ha]	Andere Landnutzungs-kategorie zu Wald [ha]
1990	3.134.785	3.125.956	224	8.434	41	129	0
1991	3.142.087	3.124.429	449	16.869	82	258	0
1992	3.149.389	3.122.903	673	25.303	123	387	0
1993	3.156.691	3.121.376	897	33.738	164	517	0
1994	3.163.994	3.119.850	1.122	42.172	204	646	0
1995	3.171.296	3.118.323	1.346	50.606	245	775	0
1996	3.178.598	3.116.797	1.570	59.041	286	904	0
1997	3.185.900	3.115.270	1.795	67.475	327	1.033	0
1998	3.193.202	3.113.744	2.019	75.910	368	1.162	0
1999	3.200.505	3.112.217	2.243	84.344	409	1.291	0
2000	3.207.807	3.110.691	2.468	92.778	450	1.421	0
2001	3.215.109	3.109.164	2.692	101.213	491	1.550	0
2002	3.222.411	3.107.637	2.916	109.647	532	1.679	0
2003	3.229.714	3.106.111	3.141	118.082	573	1.808	0
2004	3.237.016	3.104.584	3.365	126.516	613	1.937	0
2005	3.244.318	3.103.058	3.589	134.950	654	2.066	0
2006	3.251.620	3.101.531	3.814	143.385	695	2.195	0
2007	3.258.922	3.100.005	4.038	151.819	736	2.325	0
2008	3.266.225	3.098.478	4.262	160.254	777	2.454	0

Tabelle 17: Jährliche Flächenveränderungen von Wald zu anderen Landnutzungskategorien für die neuen Bundesländer

Periode	Wald zu Ackerland [ha/a]	Wald zu Grünland [ha/a]	Wald zu Feuchtgebiet [ha/a]	Wald zu Siedlung [ha/a]	Wald zu anderer Landnutzungs-kategorie [ha/a]
1990-2008	23	85	105	1.314	0

Die Verteilung der Flächenanteile für Waldbewirtschaftung, Neuwald und Entwaldung im Jahr 2008 ist in Abbildung 25 dargestellt.

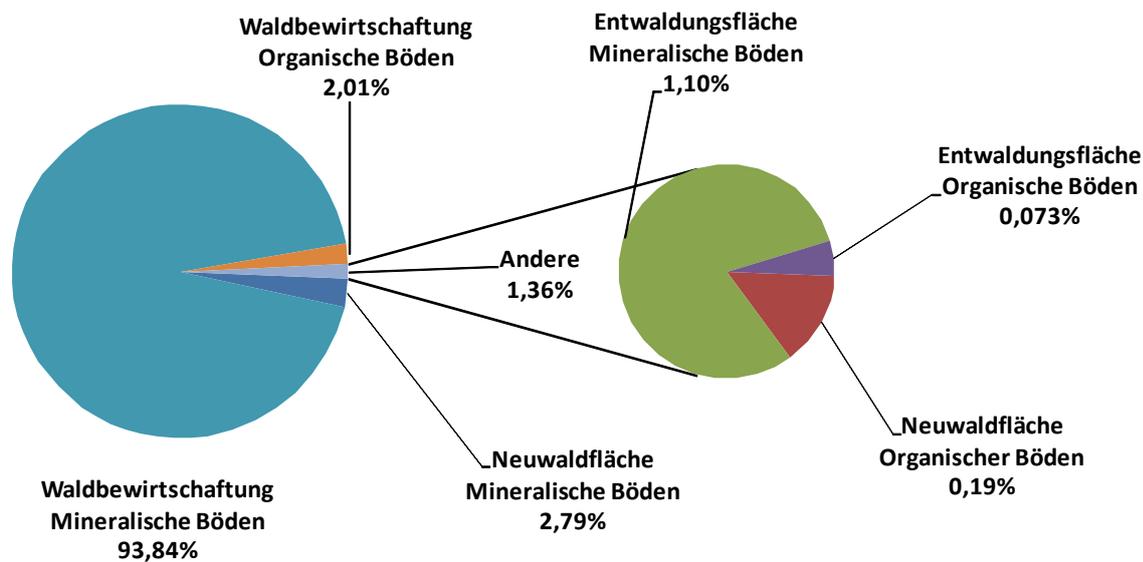


Abbildung 25: Verteilung der Flächenanteile für Waldbewirtschaftung, Neuwald und Entwaldung für das Jahr 2008

3.2 Inventurstudie 2008

Die Daten der Inventurstudie 2008 geben einen aktuellen Überblick über die Entwicklung der großräumigen Waldverhältnisse. Durch den Vergleich mit der BWI 2 liefert die IS08 erstmals für ganz Deutschland Aussagen zum Holzzuwachs und Holzeinschlag sowie zur Veränderung des Holzvorrates und der Baumartenflächen. Die BWI 2 war für diese Auswertungen noch auf die alten Bundesländer beschränkt, weil für die neuen Länder Vergleichsdaten einer früheren Inventur fehlten. Folgende Hauptkenntnisse können abgeleitet werden:

- Es gibt mehr Laubbäume, mehr alte Bäume und mehr Totholz.
- Der Holzzuwachs ist weiterhin hoch.
- Die Holznutzung hat deutlich zugenommen.
- Der Holzvorrat ist weiter angestiegen.
- Die Fichtenfläche hat erheblich abgenommen.

Eine Analyse und Bewertung der Ergebnisse ist in Polley et al. (2009a, 2009b) publiziert. Detaillierte Ergebnisse für Baumarten, Altersklassen und Durchmesserstufen sind im Anhang A zusammengestellt. Bei der Interpretation der Ergebnisse sind die Anmerkungen zur Datenerhebung und Datenauswertung in den Kapiteln 2.2.2 und 2.2.3 zu beachten. Dies betrifft insbesondere die Tatsache, dass Erstaufforstungen nach dem Jahr 2002 sowie nicht begehbare Waldflächen bei der Datenerhebung der IS08 nicht berücksichtigt wurden und die höheren Stichprobenfehler der Ergebnisse.

Mehr Laubbäume (Tabelle A 1 und Tabelle A 2)

Der Wechsel von Nadelbäumen zu Laubbäumen hat sich fortgesetzt. Das ist forstpolitisch, ökologisch und naturschutzfachlich gewollt und wird finanziell gefördert. Auch die stärkere Nachfrage nach Nadelholz und die insbesondere bei Fichte aufgetretenen Sturmschäden haben dazu beigetragen. Gegenüber der BWI 2 hat die Fläche der Laubbäume um 2 %-Punkte zugenommen und die der Nadelbäume entsprechend abgenommen. Auf 43 % der bestockten Waldfläche stehen nun Laubbäume und auf 57 % Nadelbäume. Die größte Flächenabnahme hat mit 210.555 ha (- 7 %) bei der Fichte und die größte Flächenzunahme mit 83.146 ha (+ 5 %) bei der Buche stattgefunden. Von den Nadelbäumen haben nur Tanne und Douglasie ihre Fläche vergrößert. Bei relativer Betrachtung ist deren Flächenzunahme mit jeweils 15 % sogar größer als bei jeder anderen Baumart. Die Zunahme der Laubbäume wird im Staats-, Körperschafts- und Privatwald gleichermaßen festgestellt.

Mehr alte Bäume (Tabelle A 1 und Tabelle A 2)

Laub- und Nadelbaumarten haben sehr verschiedene Altersstrukturen, die sich auch unterschiedlich entwickeln. Die Nadelbäume haben einen ausgeprägten Flächenschwerpunkt bei den mittleren Altersklassen, die aus den umfangreichen Aufforstungen nach dem zweiten Weltkrieg stammen. Die Laubbäume haben eine ausgeglichene Altersstruktur mit Schwerpunkt im oberen Altersbereich und einem neuen Aufschwung in der ersten Altersklasse.

Bei der Fichte hat sich die Dominanz der dritten Altersklasse (41 bis 60 Jahre) weiter verstärkt. Die Fläche der jüngeren Fichten (1 bis 40 Jahre) hat erheblich abgenommen. Auch mittelalte Fichten

zwischen 61 und 100 Jahren sind weniger geworden. Zugenommen hat hingegen die Fläche der hiebsreifen Fichten über 100 Jahren. Eine ähnliche Altersstruktur und Entwicklung wird auch für die Kiefer beobachtet. Jedoch ist die Flächenzunahme ab der sechsten Altersklasse noch ausgeprägter als bei der Fichte.

Da die Buche eine ausgeglichene Altersstruktur hat, ist deren Entwicklung auch weniger dynamisch als bei den Nadelbäumen. Die größten Flächenzunahmen gibt es bei den sehr alten (über 160 Jahre) und den sehr jungen Buchen (bis 20 Jahre). Eine ähnliche Altersstruktur hat auch die Eiche, nur fehlt ihr der Aufschwung in der ersten Altersklasse. Dafür gibt es eine deutliche Zunahme in der vierten Altersklasse (61 bis 80 Jahre).

Das flächengewogene Durchschnittsalter der Bäume ist innerhalb von sieben Jahren um vier Jahre angestiegen und beträgt nun 77 Jahre.

Holzvorrat angestiegen (Tabelle A 3 bis Tabelle A 12)

Der durchschnittliche Holzvorrat aller Bestandesschichten auf der gesamten Holzbodenfläche (einschließlich der Blößen) beträgt 330 m³/ha (Standardfehler = ± 3,4 m³/ha). Der Hektarvorrat der Baumartengruppen ist im Hauptbestand auf die jeweilige Baumartenfläche bezogen (ideeller Reinbestand). Der Vorrat des Ober- und Unterstandes ist hier nicht enthalten.

Der Holzvorrat ist in den sieben Jahren zwischen der zweiten Bundeswaldinventur und der Inventurstudie 2008 um 8 m³/ha (2 %) angestiegen. Gegen den Trend hat sich nur der Fichtenvorrat entwickelt, der (wie auch die Fichtenfläche) um 7 % abgenommen hat. Alle anderen Baumarten verzeichnen eine Vorratszunahme. Die größte Vorratszunahme hat mit rund 100 Mio. m³ im Durchmesserbereich zwischen 40 cm und 60 cm stattgefunden. Unter 30 cm BHD hat der Vorrat hingegen abgenommen.

Weiterhin hoher Zuwachs (Tabelle A 13 bis Tabelle A 16)

Der durchschnittliche Holzzuwachs im gesamten Bundesgebiet beträgt 11,1 m³/a*ha. Die Nadelbaumarten sind hinsichtlich des Zuwachses sämtlichen Laubbaumarten überlegen. Das gilt insbesondere für den Altersbereich bis 60 Jahre. Im Vergleich zur Periode zwischen der ersten und zweiten Bundeswaldinventur (1987 bis 2002), der nur für die alten Bundesländer möglich ist, hat sich der Zuwachs um 1,6 m³/a*ha (12 %) verringert. Das betrifft fast alle Baumarten.

Holzeinschlag deutlich zugenommen (Tabelle A 17 bis Tabelle A 22)

Anhand der nicht mehr vorhandenen Probestämme kann ermittelt werden, dass im Durchschnitt jährlich 106,7 Mio. m³ Holz (Vorratsfestmaß mit Rinde) aus dem lebenden Bestand ausgeschieden sind. Davon sind 70,5 Mio. m³ (Erntefestmaß ohne Rinde) verwertbare Nutzungsmenge oberhalb der üblichen Aufarbeitungsgrenzen. Das ist bezogen auf die alten Bundesländer etwa ein Viertel mehr als im Zeitraum zwischen der BWI 1 und der BWI 2 (1987 bis 2002). Dabei ist die Zunahme bei den Laubbäumen wesentlich größer als bei den Nadelbäumen. Die Unterschiede zwischen den Eigentumsarten sind im Vergleich zur Periode vor der BWI 2 geringer geworden, weil die Nutzungsintensität im Privatwald, insbesondere im Kleinprivatwald, mehr als in den anderen Eigentumsarten zugenommen hat (Bolte & Polley, 2010). Offenbar haben die Bemühungen zur Rohholzmobilisierung im Kleinprivatwald Wirkung gezeigt.

Im Durchschnitt wurden 93 % des Zuwachses durch Holzeinschlag und natürlichen Abgang abgeschöpft. Bei der Baumart Fichte ist jedoch ein Drittel mehr Holz aus dem lebenden Bestand ausgeschieden als im selben Zeitraum zugewachsen ist. Bei allen anderen Baumarten bleibt der Abgang unter dem Zuwachs. Die Gesamtbilanz aus Holzvorrat, Holzzuwachs und Abgang zeigt, dass 10 % mehr Holz zugewachsen als ausgeschieden ist und der Holzvorrat um 2 % zugenommen hat.

Sonderfall Fichte

Jedoch ist die Entwicklung der Fichte als bislang wichtigster Baumart für die Rohholzversorgung rückläufig: Die Flächen werden weniger und der Vorratsabgang durch Holzeinschlag und Zwangsnutzungen übersteigt den Zuwachs um 32 %. Ursachen sind die große industrielle Nachfrage, aber auch die besondere Gefährdung durch Sturmschäden. Gefördert wird diese Entwicklung auch durch die aktuellen Waldbauprogramme. Da aufgrund der Altersstruktur künftig noch mehr Fichten in den besonders gefährdeten Altersbereich hinein wachsen, ist eine weitere Zunahme der Schadmengen zu erwarten, aber die regulären Nutzungsmöglichkeiten werden abnehmen.

Mehr Totholz (Tabelle A 23 und Tabelle A 24)

Der Totholzvorrat ist in allen Eigentumsarten angestiegen und beträgt jetzt 23,7 m³/ha. Darin ist alles Totholz mit einem Durchmesser ab 10 cm enthalten. Das ist 7 % des lebenden Holzvorrates bzw. das 2,5fache der jährlichen Holznutzungsmenge. Je Hektar befindet sich das meiste Totholz im Landeswald und das wenigste im Privatwald. Etwa die Hälfte ist liegendes Totholz und jeweils ein Viertel sind Wurzelstöcke und stehendes Totholz. Ein Drittel des Totholzvorrates ist Laubholz und zwei Drittel sind Nadelholz. Für die Veränderung des Totholzvorrates für das dickere Totholz ab 20 cm Durchmesser (Wurzelstöcke ab 60 cm Schnittflächendurchmesser oder 50 cm Höhe) wurde eine Zunahme des Vorrates um 19 % ermittelt.

3.3 Kohlenstoffvorräte und Kohlenstoffvorratsveränderungen

3.3.1 Biomasse

3.3.1.1 Kohlenstoffvorrat in der Biomasse

In der Biomasse von Waldbäumen waren im Jahr 2008 in Deutschland 1,28 Mrd. t Kohlenstoff gespeichert (siehe Abbildung 29). Das sind rund 114 Tonnen je Hektar. Dabei entfallen 81 % des Kohlenstoffs (1,04 Mrd. t C) auf den oberirdischen Teil und 19 % des Kohlenstoffs (0,24 Mrd. t C) auf die Wurzeln. Der größte Teil der Kohlenstoffmenge findet sich in der bestandesprägenden Baumschicht (Oberschicht, Hauptbestand). Nur 8 % des Kohlenstoffs entfallen auf die Mittel- und Unterschicht (Nebenbestand) (siehe Abbildung 26).

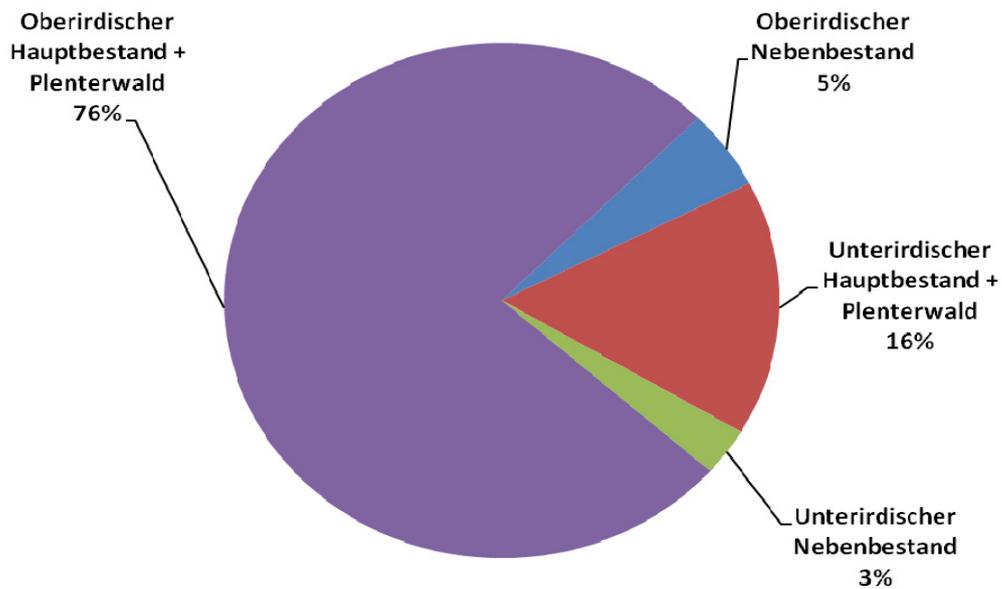


Abbildung 26: Prozentualer Anteil der gespeicherten Kohlenstoffmasse in der ober- und unterirdischen Biomasse getrennt nach Haupt- und Nebenbestand (gesamt 1,28 Mrd. t C für 2008)

Mehr als die Hälfte (57 %) des Kohlenstoffvorrates ist in Nadelbäumen enthalten. Der in Laubbäumen enthaltene Anteil ist trotz des geringeren Holzvorrates je Hektar mit 43 % in etwa so hoch wie deren Anteil an der Waldfläche. Der Grund dafür ist die höhere Dichte des Holzes der beiden wichtigsten Laubbaumarten Buche und Eiche. Eine Verteilung des Kohlenstoffvorrates auf die Baumarten bzw. Baumartengruppen findet sich in Abbildung 27.

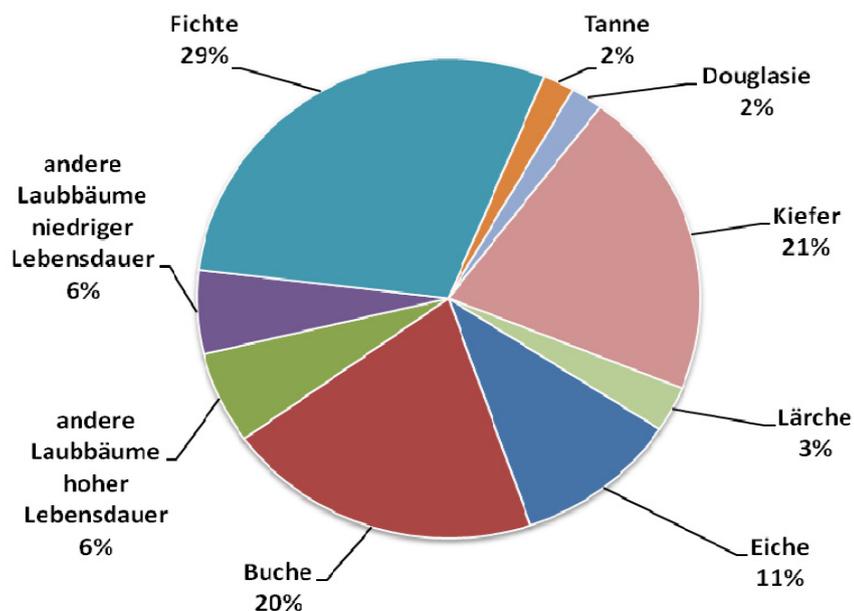


Abbildung 27: Verteilung des Kohlenstoffvorrates auf die Baumarten bzw. Baumartengruppen (2008)

Der überwiegende Teil des Kohlenstoffs ist in Bäumen mit einem BHD zwischen 20 cm und 60 cm enthalten, wobei der Schwerpunkt auf dem BHD-Bereich 30 cm bis 40 cm liegt. Auf Bäume mit geringerem und größerem BHD entfällt nur 1/4 des Kohlenstoffvorrates (Abbildung 28).

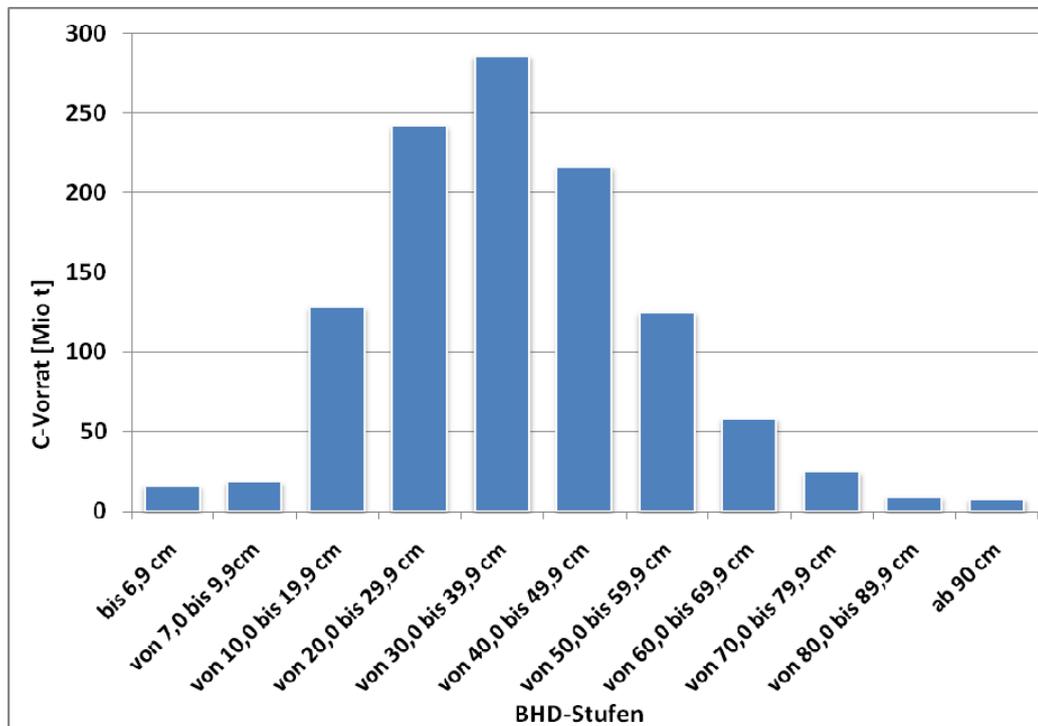


Abbildung 28: Verteilung der Kohlenstoffvorräte nach BHD-Klassen über alle Baumarten (2008)

3.3.1.2 Entwicklung bzw. Veränderung des Kohlenstoffvorrates in der Biomasse

Die Neuberechnung zur Änderung des Kohlenstoffvorrates zwischen 1990 und 2002 ergab eine jährliche Nettosenkenwirkung von rund 17 Mio. Tonnen Kohlenstoff in der Biomasse. Dabei ist die Senkenwirkung in den neuen Bundesländern (2,52 t/ha*a) deutlich höher als in den alten Bundesländern (1,22 t/ha*a). Die Bilanz zwischen 2002 und 2008 zeigt für diesen Zeitraum eine GesamtSenkenwirkung in der Biomasse der Bäume von 4,8 Mio. t Kohlenstoff pro Jahr. Während die Wälder in den neuen Ländern immer noch eine Nettosenke darstellen (1,57 tC/ha*a), bleibt der Kohlenstoffvorrat der Wälder in den alten Ländern nahezu gleich. In Abbildung 29 ist der Kohlenstoffvorrat in der oberirdischen und unterirdischen Biomasse im Jahr 2008 der gesamten und der hektarbezogenen Kohlenstoffvorratsänderung für diesen Zeitraum gegenübergestellt. Der Kohlenstoffvorrat in der gesamten Biomasse ist in diesen sieben Jahren um 2,64 tC/ha (2 %) angestiegen.

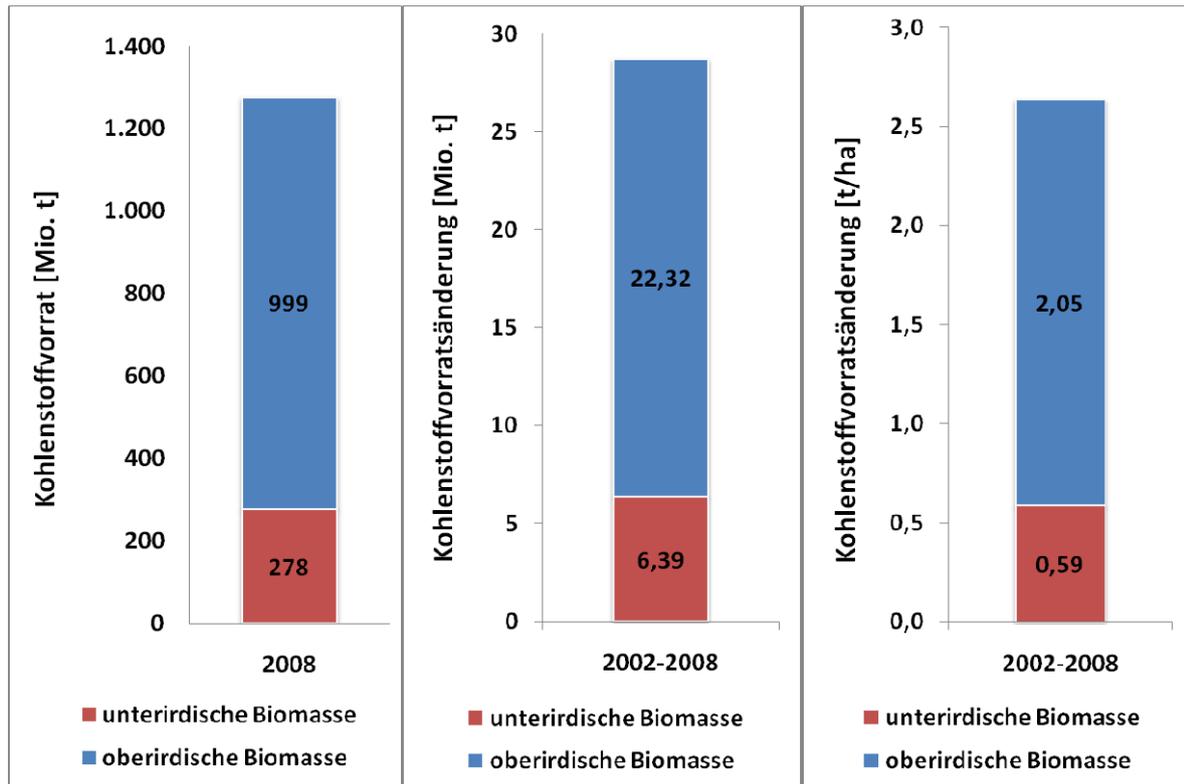


Abbildung 29: Kohlenstoffvorrat in der ober- und unterirdischen Biomasse für 2008 (links), Kohlenstoffvorratsänderung gesamt (Mitte) und pro Hektar (rechts) für den Zeitraum 2002 bis 2008

Die Kohlenstoffvorratsänderung aufgeschlüsselt nach den Baumarten ist in Abbildung 30 dargestellt. Im linken Teil der Abbildung ist die gesamte Veränderung der Kohlenstoffspeicherung zusammengefasst. Bei allen Baumarten, mit Ausnahme der Fichte, ist eine Zunahme der Kohlenstoffspeicherung zu verzeichnen. Bei der Fichte hingegen nimmt die Kohlenstoffspeicherung um 25 Mio. Tonnen Kohlenstoff ab. Dies ist zum einen auf ihre verstärkte Holznutzung und zum anderen auf die Abnahme der Fichtenfläche zurückzuführen. Aufgrund der veränderten Baumartenflächen findet sich die hektarbezogene Zunahme der Kohlenstoffspeicherung nicht bei allen Baumarten wieder (Abbildung 30 rechts). So ist bei der Fichte die Kohlenstoffspeicherung je Hektar auf der verbliebenen Fichtenfläche im Gegensatz zum gesamten Fichtenkohlenstoff gleich geblieben. Andererseits ist die hektarbezogene Speicherleistung der Buche auf der größer gewordenen Buchenfläche im Gegensatz zur Gesamtspeicherleistung gesunken, da Buchenjungbestände eine geringere Speicherleistung aufweisen.

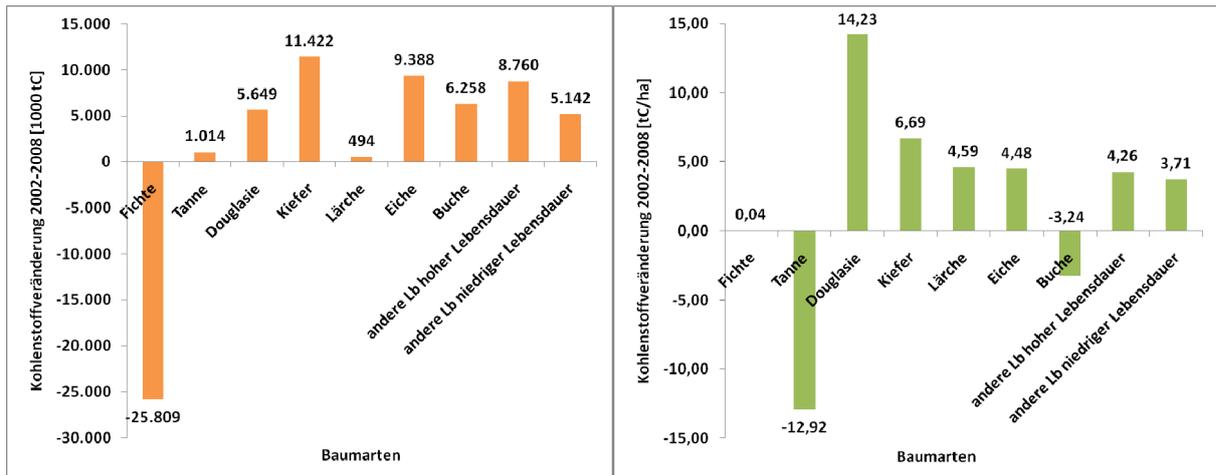


Abbildung 30: Kohlenstoffvorratsänderung gesamt (links) und pro Hektar (rechts) für den Zeitraum 2002 bis 2008 für die Baumarten

In Abbildung 31 sind die Veränderungen der Kohlenstoffvorräte unterteilt nach BHD-Klassen dargestellt. Die größte Zunahme der Speicherleistung mit ca. 50 Mio. Tonnen Kohlenstoff liefert der BHD-Bereich zwischen 30 cm und 70 cm. Hingegen hat die Speicherleistung zwischen 7 cm und 30 cm BHD abgenommen. Da Nadelbäume besonders für den Altersbereich bis 60 Jahre bei der Kohlenstoffspeicherung den Laubbaumarten überlegen sind und der Anteil vor allem an Fichtenflächen zurückgegangen ist, verwundert dies nicht.

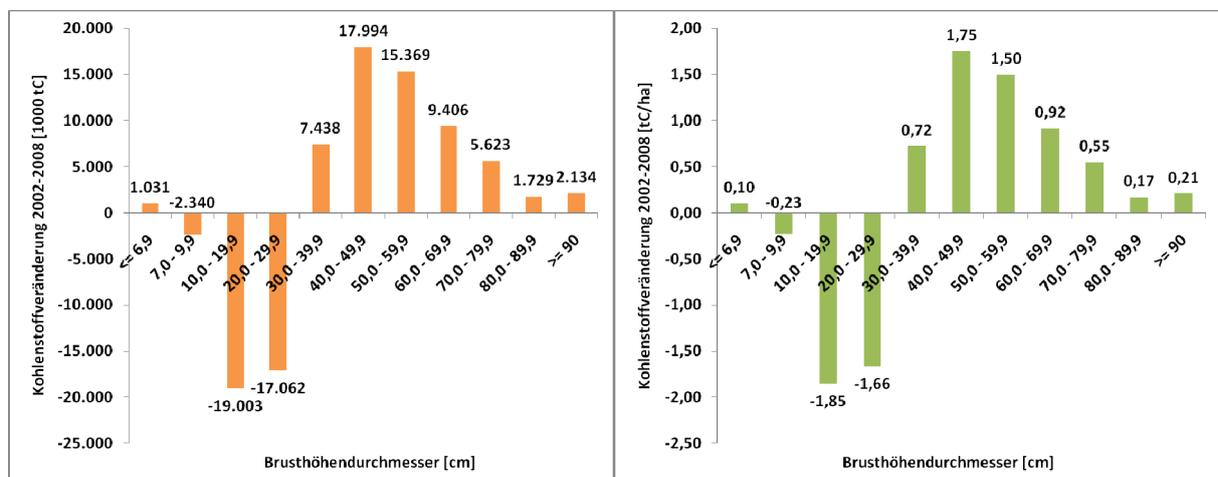


Abbildung 31: Kohlenstoffvorratsänderung gesamt (links) und pro Hektar (rechts) für den Zeitraum 2002 bis 2008 nach Brusthöhendurchmesserklassen

Die Kohlenstoffspeicherung nach Altersklassen aller Baumarten ist in Abbildung 32 zu finden. Markant sind die Abnahmen der gesamten Kohlenstoffspeicherung in den Altersklassen von 1 bis 40 Jahre und von 81 bis 100 Jahre. Dies zeigt sich nicht bei den hektarbezogenen Werten, da die veränderten Flächenanteile der Altersklassen mit berücksichtigt wurden. Hier ist vor allem eine Abnahme in der Altersklasse 121 bis 140 Jahre von 10,28 tC/ha zu beobachten.

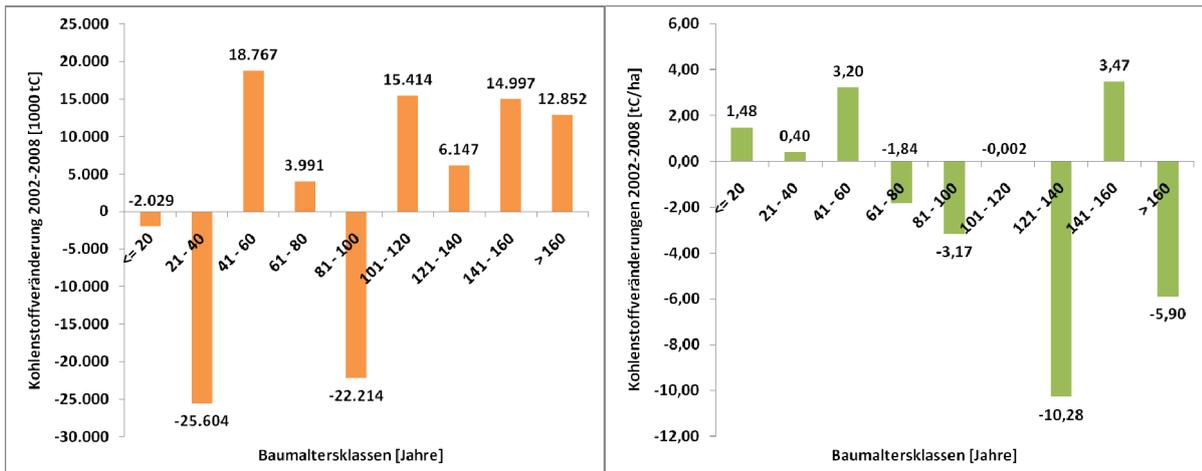


Abbildung 32: Kohlenstoffvorratsänderung gesamt (links) und pro Hektar (rechts) für den Zeitraum 2002 bis 2008 nach Baumaltersklassen

Nach den vorliegenden Ergebnissen nimmt die Senkenwirkung der Biomasse in deutschen Wäldern im Zeitraum von 2002 bis 2008 gegenüber 1990 bis 2002 deutlich ab. Dabei spielt insbesondere die Entwicklung des Holzmarktes und das Nutzungsverhalten der Forstbetriebe eine Rolle. Andererseits ist dies in der Vorratsstruktur und ihrer zeitlichen Veränderung begründet, welche einen sinkenden Zuwachs und damit eine geringere Bruttoaufnahme vom Kohlenstoff zur Folge hat. Waldbauliche Entscheidungen, z. B. zur Risikominimierung durch geringere Vorratshaltung und die Schonung von Altbeständen sowie der Anstieg von zufälligen Nutzungen, sind weitere mögliche Einflussfaktoren. Damit wird nach den gültigen Anrechnungsregeln die Netto-Senke Wald verringert, auch wenn der im genutzten Holz enthaltene Kohlenstoff langfristig in Holzprodukten gebunden wird. Unter Einbeziehung von Ergebnissen von Projektionen (Dunger et al., 2009b) ist damit zu rechnen, dass die Kohlenstoffspeicherung in den nächsten Jahren weiter zurückgeht.

Weiterführende Informationen zur Kohlenstoffspeicherung und ihrer Veränderung sowie zum Holzvorrat, -zuwachs und -nutzung sind in den Artikeln von Dunger et al. (2009a) und Polley et al. (2009b) zu finden.

3.3.2 Totholz

3.3.2.1 Kohlenstoffvorrat im Totholz

Der im Totholz gespeicherte Kohlenstoffvorrat betrug im Jahr 2008 rund 3,25 t C/ha. Dies entspricht einer Kohlenstoffspeicherung im Pool Totholz von 34,76 Mio. tC für Deutschland. 60 % des in Totholz gespeicherten Kohlenstoffvorrates befindet sich im Nadelholz, während 31 % in Laubholz (ohne Eiche) und 9 % im Eichenholz zu finden sind. Der Anteil des im Totholz gespeicherten Kohlenstoffs an der gesamten Kohlenstoffspeicherleistung des Waldes (verbleibende Waldfläche) im Jahr 2008 betrug 18 %.

3.3.2.2 Entwicklung bzw. Veränderung des Kohlenstoffvorrates im Totholz

Der durchschnittliche Totholzvorrat (Erfassungsgrenze ab 10 cm Durchmesser) ist von 20 m³/ha bei der BWI 2 im Jahr 2002 auf 24 m³/ha bei der Inventurstudie 2008 angestiegen. Damit einher geht ein Anstieg der Kohlenstoffspeicherung im Totholz in der Inventurperiode von 2,68 t C/ha auf 3,25 t C/ha (siehe Abbildung 33). Somit ist die Gesamtmenge des im Totholz gebundenen Kohlenstoffs seit 2002 um rund 5,9 Mio. tC auf 34,8 Mio. tC im Jahr 2008 gewachsen. Die jährliche Änderung des C-Vorrates im Totholz beträgt rund 0,09 tC/ha*a. Weitere Angaben zur Entwicklung der Kohlenstoffspeicherung im Totholz zwischen 1990 und 2008 sind in Tabelle 18 dargelegt.

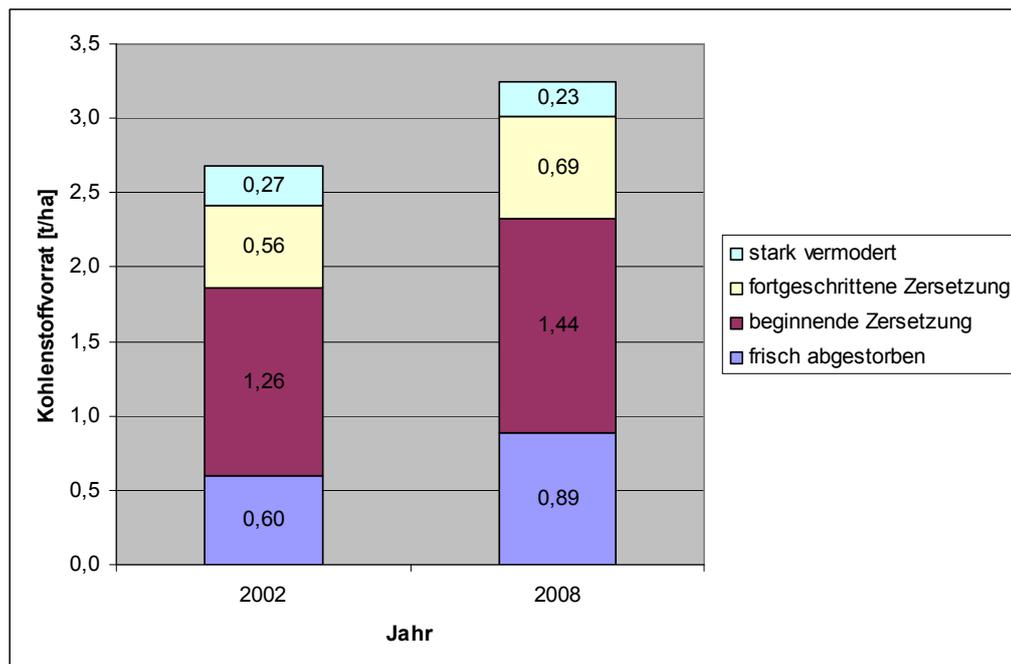


Abbildung 33: Entwicklung der Kohlenstoffspeicherung im Totholz differenziert nach Zersetzungsgraden zwischen BWI 2 (2002) und Inventurstudie (2008)

Tabelle 18: Kohlenstoffspeicherung im Totholz in Deutschland für den Zeitraum 1990–2008

Jahr	C [t/ha]	Waldfläche (1000*ha)	C _{gesamt} (1000*t)
1990	1,56	10.815,49	16.849,88
1991	1,65	10.810,58	17.855,70
1992	1,75	10.805,67	18.860,60
1993	1,84	10.800,76	19.864,58
1994	1,93	10.795,85	20.867,64
1995	2,03	10.790,95	21.869,78
1996	2,12	10.786,04	22.871,00
1997	2,21	10.781,13	23.871,30
1998	2,31	10.776,22	24.870,68
1999	2,40	10.771,32	25.869,15
2000	2,50	10.766,41	26.866,68
2001	2,59	10.761,50	27.863,30
2002	2,68	10.756,59	28.859,00
2003	2,78	10.751,68	29.853,78
2004	2,87	10.746,78	30.847,64
2005	2,96	10.741,87	31.840,58
2006	3,06	10.736,96	32.832,60
2007	3,15	10.732,05	33.823,70
2008	3,25	10.710,34	34.759,33

3.3.3 Waldbrand

Die Waldbrandflächen in Deutschland und damit auch die bei Waldbränden emittierten Treibhausgasmengen sind gering. Die aus der Verbrennung von Biomasse resultierenden CO₂-Emissionen werden bereits bei der Änderung der Biomassevorräte mittels der „stock-change-method“ berücksichtigt. Zusätzlich zu der Darstellung der Treibhausgase nach den Berichtspflichten der Klimarahmenkonvention und dem Kyoto-Protokoll sind in Tabelle 19 die durch Waldbrände freigesetzten Gase CO, CH₄, N₂O und NO_x zusammengestellt.

Die für die Berichterstattung berechneten CH₄- und N₂O-Gasmengen sind gering. Mit Ausnahme des Jahres 1992 liegen die CH₄-Emissionen zwischen 34 t und 433 t und die N₂O-Emissionen zwischen 0,5 t und 6,7 t. Überschritten wurden diese Emissionen (CH₄: 1.333 t, N₂O: 20,7 t) im Jahr 1992, das durch einen extrem warmen Sommer geprägt war, der zu einer überdurchschnittlich hohen Waldbrandfläche von rund 4.900 ha geführt hat.

Tabelle 19: Durch Waldbrände emittierte Treibhausgase im Zeitraum 1990-2008

Jahr	Oberirdische Biomasse [t/ha]	Waldbrandfläche [ha]	Emittierte THG [t]			
			CO	CH ₄	N ₂ O	NO _x
1990	180,7	1606	6.824	433	6,7	42,6
1991	181,4	920	3.925	249	3,9	24,5
1992	182,1	4908	21.026	1.333	20,7	131,4
1993	182,9	1493	6.422	407	6,3	40,1
1994	183,6	1114	4.811	305	4,7	30,1
1995	184,4	592	2.567	163	2,5	16,0
1996	185,1	1381	6.013	381	5,9	37,6
1997	185,9	599	2.619	166	2,6	16,4
1998	186,6	397	1.742	110	1,7	10,9
1999	187,4	415	1.829	116	1,8	11,4
2000	188,1	581	2.570	163	2,5	16,1
2001	188,8	122	542	34	0,5	3,4
2002	189,6	122	544	34	0,5	3,4
2003	190,3	1315	5.887	373	5,8	36,8
2004	191,1	274	1.231	78	1,2	7,7
2005	191,8	183	826	52	0,8	5,2
2006	192,6	482	2.183	138	2,1	13,6
2007	193,3	256	1.164	74	1,1	7,3
2008	194,1	539	2.460	156	2,4	15,4

3.3.4 Streu

Die Kohlenstoffvorräte der Streu wurden anhand der Daten der BZE I (n = 1486) und BZE II/BioSoil (n = 671) getrennt für Laub-, Nadel- und Mischwald ermittelt (Tabelle 20). Der mittlere C-Vorrat der Stichprobe betrug 19,8 t/ha mit einem Standardfehler von 0,6 t/ha. Dieser Wert ersetzt als länderspezifischer Wert für die Streuauflage den empfohlenen Standardwert aus IPCC (2003). Er ist die Grundlage für die Berechnung von CO₂-Emissionen aus der Streuauflage bei Entwaldung und Kohlenstoffsequestrierung bei Aufforstungen.

Die durchschnittliche Kohlenstoffvorratsänderung betrug 0,04 tC/ha*a mit einem Standardfehler von ± 0,03 tC/ha*a. Ein zweiseitiger T-Test der gepaarten Stichproben zur Ermittlung der Vorratsveränderungen ergab, dass die Differenzen der Vorräte nicht signifikant von Null abwichen. Deshalb konnte in dem Zeitraum von 1990 (BZE I) bis 2006 (BZE II/BioSoil) keine Kohlenstoffvorratsveränderung nachgewiesen werden, so dass eine Veränderung von 0 tC/ha*a angenommen wurde. Dies erfolgte äquivalent für den Zeitraum von 2007 bis 2008.

Tabelle 20: In den Inventuren BZE I und BZE II/BioSoil ermittelte Kohlenstoffvorräte in der Streu mit Angabe des Standardfehlers

Waldtyp	C-Vorräte (BZE I) [t/ha]	C-Vorräte (BZE II/BioSoil) [t/ha]
Laubwald	12,6 ± 0,8	12,1 ± 1,2
Mischwald	18,9 ± 1,4	18,3 ± 2,1
Nadelwald	26,2 ± 0,6	27,1 ± 1,1

3.3.5 Mineralböden

Die Hochrechnung der Kohlenstoffvorräte und -veränderungen in den Mineralböden basiert auf den bundesweiten Bodenzustandserhebungen im Wald (BZE I und BZE II) und der BioSoil-Inventur. Die Daten der BZE II werden derzeit ausgewertet. Um nachzuweisen, dass Mineralböden keine C-Quelle sind, wurde mit den bisher vorhandenen Daten eine Veränderungsrechnung für beide Inventuren durchgeführt. Aus diesen noch vorläufigen und nur einen Teil der Daten einbeziehenden Ergebnissen wird eine C-Quelle ausgeschlossen.

Die Kohlenstoffvorräte bis in eine Tiefe von 30 cm des Mineralbodens betragen auf Grundlage des flächenbezogenen Ansatzes für Deutschland zum Inventurzeitpunkt der BZE I 59,4 tC/ha und zum Inventurzeitpunkt BZE II/BioSoil 68,0 tC/ha, was einer jährlichen Zunahme von 0,5 tC/ha entspricht. Sowohl die Änderungsrate als auch die Gesamtvorräte liegen in einem Bereich, der für Mitteleuropa von anderen Autoren bereits abgeschätzt wurde. Die jährliche Kohlenstoffsequestrierung des durchwurzelten Bereichs wurde zwischen 0,1 tC/ha*a (Nabuurs & Schelhaas, 2002) und 0,9 tC/ha*a (Schulze et al., 2000) angegeben. Die meisten Literaturwerte basieren zumeist auf modellhaften Hochrechnungen und berücksichtigen den gesamten durchwurzelten Bereich des Bodens (Liski et al., 2002, De Vries et al., 2006). Im Vergleich zu diesen Studien standen deutlich mehr Messdaten in einem engeren Punkteraster zur Verfügung, so dass die Daten eine validere Stichprobe bildeten, die verlässlichere und flächendeckende Aussagen für Deutschland ermöglichte.

Die Abschätzung der Kohlenstoffvorräte getrennt nach Klassen ergab für fast alle Leitbodeneinheiten höhere Kohlenstoffvorräte zum Zeitpunkt von BZE II/BioSoil im Vergleich zur BZE I (Tabelle 21). Die Kohlenstoffvorräte waren in Böden mit hohem Tongehalt höher als in Böden mit hohem Sandgehalt. Gründe hierfür werden z. B. bei Six et al. (2002) und Baritz et al. (2010) diskutiert. Die Auswertungen der BZE I- und BZE II/BioSoil-Daten zeigen größere jährliche Änderungen des Kohlenstoffvorrates insbesondere bei den sandigen Leitbodeneinheiten des Norddeutschen Tieflands auf. So lag die jährliche Änderungsrate der Leitbodeneinheiten 1, 5, 9, und 14 über 1,0 tC/ha*a. Prietzel et al. (2006) spricht hingegen von einer Kohlenstoffsequestrierung in den oberen 30 cm von 0,2 tC/ha*a auf sandigen Standorten und von 0,4 tC/ha*a auf lehmigen Standorten. Geringere positive Kohlenstoffänderungen zwischen 0,2 und 0,7 tC/ha*a fanden sich bei mehr als der Hälfte der gebildeten Klassen. Kaum Änderungen bis hin zu einer Abnahme der Kohlenstoffvorräte zwischen beiden Inventurzeitpunkten zeigten die Klassen 4, 7, 10, 12 und 16. Bis auf die stärkeren positiven Kohlenstoffänderungsraten der eher sandigen Böden Norddeutschlands wurde bei fast allen verbleibenden Klassen die gesamte Spannweite der Bodentypen und des Substrats abgedeckt.

Tabelle 21: Kohlenstoffvorräte zum Zeitpunkt der BZE I und BZE II/BioSoil sowie jährliche Kohlenstoffänderungsraten in den neugebildeten Leitbodeneinheiten mit der dazugehörigen Waldfläche (LBE = Leitbodeneinheit, n = Anzahl Bodenproben, MW = Mittelwert, SE = Standardfehler)

LBE	Kohlenstoffvorrat (BZE I) [tC/ha]			Kohlenstoffvorrat (BZE II) [tC/ha]			Waldfläche [ha]	Kohlenstoff-änderungsraten [tC/ha*a]
	n	MW	SE	n	MW	SE		
1	95	33,8	1,9	100	49,5	2,4	986.673	1,1
2	9	100,9	14,0	14	115,2	10,7	254.865	1,0
3	30	63,1	7,2	32	71,7	6,4	163.440	0,6
4	22	68,1	4,1	16	59,1	3,1	448.317	-0,5
5	15	59,6	5,5	21	74,0	7,7	347.526	1,1
6	14	51,4	9,9	14	66,1	8,2	503.030	1,0
7	22	72,8	3,4	19	82,1	4,6	171.513	0,1
8	8	60,4	6,0	14	68,8	6,0	255.913	0,5
9	24	33,6	2,8	24	49,1	3,3	64.559	1,1
10	4	31,9	3,8	4	33,4	4,4	276.957	0,1
11	8	47,3	6,0	8	52,7	6,5	186.452	0,4
12	5	74,8	3,7	8	62,0	6,3	239.832	-0,6
13	33	56,3	2,9	24	64,6	2,8	91.350	0,6
14	18	28,0	3,3	18	43,1	4,3	645.929	1,1
15	23	62,3	3,5	28	67,0	2,5	105.976	0,3
16	31	87,1	4,4	25	80,7	4,1	139.403	-0,3
17	22	65,2	2,8	14	68,1	4,0	1.042.722	0,2
18	65	63,7	2,3	116	71,8	2,0	368.595	0,5
19	73	63,3	2,5	49	70,9	3,3	835.871	0,6
20	41	63,8	2,4	17	79,2	4,2	2.158.740	0,7
21	6	48,3	6,1	6	53,2	5,2	1.038.945	0,3
22	69	57,2	2,3	69	66,2	2,5	75.185	0,6
23	9	56,7	6,6	15	72,6	6,3	82.119	0,9
24	8	116,3	12,9	11	128,0	6,1	163.752	0,6

3.3.6 Organische Böden

Für organische Waldböden wurden eine Kohlenstoffemission von 0,68 tC/ha*a und eine Lachgasemission (N₂O) von 0,6 kg/ha*a berechnet.

4 UNSICHERHEITEN UND FEHLERBUDGETIERUNG

Bei der Berechnung der Kohlenstoffvorräte entstehen verschiedene Fehler, die größtenteils auf Unsicherheiten zurückzuführen sind. Bei der Herleitung der Fehler handelt es sich um pragmatische Ansätze, die lediglich eine Annäherung an den tatsächlichen Fehler erlauben. Nicht jede mögliche Fehlerquelle (Abweichung der Allometrie, Modellfehler bei der Derbholzberechnung, Messfehler) findet ihren Weg in die Berechnung. Korrelationen zwischen einzelnen Termen wurden vernachlässigt.

Mit dem zur Verfügung stehenden Datenmaterial konnten folgende Fehlerquellen quantifiziert werden:

- Unsicherheiten bei der Schätzung von Landnutzungsänderungsflächen,
- Unsicherheiten der Schätzung der ober- und unterirdischen Biomasse,
- Unsicherheiten der Schätzung der Streu und der Mineralböden.

Hinsichtlich der Unsicherheiten des Kohlenstoffkonversionsfaktors wird an dieser Stelle auf Kapitel 2.3.1.1.3 verwiesen. Eine ausführliche statistische Untersuchung zu den Messfehlern bei der Inventurstudie 2008 ergab, dass diese Fehler vernachlässigt werden können (UBA, 2010).

Fehlerschätzungen (U) für Zielgrößen ($1, \dots, j, \dots, I$) pflanzen sich bei deren Aggregation auf zwei unterschiedliche Arten fort. Werden zwei Zielgrößen addiert oder subtrahiert, erfolgt die Fehlerweitergabe additiv (siehe Gleichung 17).

Gleichung 17

$$U = \frac{\sqrt{\sum_i (U_i x_i)^2}}{\sum_i x_i}$$

mit:

U	= Gesamtunsicherheit
U_i	= Unsicherheit für Zielgröße
x_i	= Quantität der Zielgröße

Werden dagegen zwei Zielgrößen multipliziert bzw. dividiert, pflanzen sich die Fehler beider Größen multiplikativ fort (siehe Gleichung 18).

Gleichung 18

$$U = \sqrt{\sum_i (U_i)^2}$$

4.1 Unsicherheiten bei der Flächenschätzung von Landnutzungsänderungen

Die Herleitung der Flächen, getrennt nach LULUCF-Klassen, musste bis zum Jahr 2008 getrennt nach neuen und alten Bundesländern erfolgen, da nur bei der BWI 1 (für die alten Bundesländer) und der BWI 2 für jede Wald- als auch Nichtwald-Traktecke die Landnutzungsklasse zum jeweiligen Zeitpunkt erfasst wurde. Auf Basis dieser Stichprobe konnte für die alten Bundesländer eine Landnutzungsänderung differenziert nach LULUCF-Klassen inkl. Fehlerschätzung erfolgen.

Für die neuen Bundesländer standen für den Zeitraum 1990 bis 2005 die Ergebnisse des Projektes GSE Forest Monitoring: Inputs für die Treibhausgasberichterstattung (GSE, 2003, GSE, 2006, GSE, 2007, GSE, 2009) zur Verfügung. Basierend auf Auswertungen von satellitengestützten Fernerkundungsdaten wurden Veränderungsanalysen hinsichtlich der Landbedeckung/-nutzung durchgeführt und mit gängigen statistischen Methoden verifiziert. Die Ergebnisse für die einzelnen Bundesländer wurden aggregiert. Die Flächenschätzfehler wurden flächengewichtet und getrennt nach LULUCF-Klassen addiert (Tabelle 22).

Tabelle 22: Stichprobenfehler (SE) der Flächenschätzung für die LULUCF-Klassen zwischen 1987 und 2002 für die alten Bundesländer und zwischen 1990 und 2005 für die neuen Bundesländer (nd = nicht definiert⁶)

LULUCF-Klassen	Alte Bundesländer	Neue Bundesländer	Deutschland
	SE [%]	SE [%]	SE [%]
Verbleibende Waldfläche	0,93	1,12	0,74
Wald zu Ackerland	26,51	1,98	24,93
Wald zu Grünland	14,18	2,08	13,48
Wald zu Siedlung	11,14	7,24	9,99
Wald zu Feuchtgebiet	24,85	11,18	21,18
Wald zu anderen Landnutzungsklassen	nd	nd	nd
Ackerland zu Wald	13,59	2,91	12,16
Grünland zu Wald	8,61	3,13	6,85
Siedlung zu Wald	13,32	3,86	12,49
Feuchtgebiet zu Wald	15,92	8,25	15,37
Andere Landnutzungsklassen zu Wald	nd	nd	nd
KP Aufforstung/Wiederbewaldung	5,98	2,30	5,18
KP Entwaldung	7,92	4,87	7,21

⁶ Es gibt keine Flächen in der Landnutzungsklasse *Andere Landnutzungsklasse*.

Für den Zeitraum 2002 bis 2008 konnten aus der Inventurstudie 2008 Flächenveränderungsschätzungen lediglich für die Klassen *Verbleibende Waldfläche* und *KP Entwaldung* erfolgen (Tabelle 23). Der Fehler der Klasse *KP Entwaldung* wurde auf die Landnutzungs- (LU-) /Landnutzungsänderungs- (LUC-) Klassen, welche von Wald in eine andere Landnutzungsform umgewandelt wurden, übertragen. Die Flächenveränderungen in den LU/LUC-Klassen, in denen eine Aufforstung stattfand, wurden aus dem vorangegangenen Zeitraum linear bis einschließlich 2008 extrapoliert.

Tabelle 23: Stichprobenfehler (SE) der Flächenschätzung für die LULUCF-Klassen zwischen 2002 und 2008

LULUCF-Klassen	Alte Bundesländer	Neue Bundesländer	Deutschland
	SE [%]	SE [%]	SE [%]
Verbleibende Waldfläche	2,06	3,46	1,77
KP Entwaldung	27,36	44,69	23,72

4.2 Unsicherheiten der Schätzung der ober- und unterirdischen Biomasse

4.2.1 Konvertierung von *Derbholzvolumen in Baumholzvolumen*

Die natürliche Variabilität der oberirdischen Allometrie von Bäumen wurde nicht erfasst. Dieser Fehler kann nicht berechnet werden, da die Originalwerte von Grundner & Schwappach (1952) nicht vorliegen. Die von ihnen verwendeten Bäume wuchsen zwischen 1750 und 1900, so dass Unterschiede in der Allometrie, die durch geänderte Umweltbedingungen und geänderte Bewirtschaftung seit damals entstehen, nicht erfasst werden können. Die Tabellen enthalten lediglich die schon geglätteten Werte, wodurch die tatsächliche Varianz systematisch unterschätzt wird. Daher kann mit dieser Fehlerbetrachtung nur der Fehler der Umrechnung von *Derbholzvolumen* in *Baumholzvolumen* kalkuliert werden. Die Standardabweichung der Residuen der Modelle wird in Tabelle 24 wiedergegeben.

Tabelle 24: Relativer Standardfehler der Volumenexpansionsmodelle

Modell		Mittelwert (Baumholz)	s (Residuen)	SE [%]
Eiche		4,69	0,19	4,10%
Birke		0,69	0,01	1,09%
Erle		0,69	0,01	0,91%
Buche	Alter bis 60	0,36	0,02	5,47%
Buche	Alter 61 bis 100	1,25	0,05	4,06%
Buche	Alter ab 101	2,67	0,07	2,57%
Fichte	Alter bis 60	0,45	0,05	11,28%
Fichte	Alter ab 61	3,60	0,16	4,55%
Kiefer	Alter bis 80	0,60	0,02	3,08%
Kiefer	Alter ab 81	2,11	0,07	3,27%
Tanne	Alter bis 80	0,89	0,06	6,22%
Tanne	Alter 81 bis 121	3,53	0,26	7,50%
Tanne	Alter ab 121	6,98	0,62	8,94%
Lärche		3,21	0,07	2,22%

Die Tabelle 25 bildet die bei der Volumenexpansion entstehenden Unsicherheiten ab. Aufgeführt sind hier nur Unsicherheiten in den Zellen der Tabelle, in denen die C-Vorräte direkt geschätzt werden konnten.

Tabelle 25: Bei der Volumenexpansion entstehende Unsicherheiten

LULUCF-Klassen	Alte Bundesländer			Neue Bundesländer			Deutschland	
	Fehler 1987 [%]	Fehler 2002 [%]	Fehler 2008 [%]	Fehler 1993 [%]	Fehler 2002 [%]	Fehler 2008 [%]	Fehler 2002 [%]	Fehler 2008 [%]
Verbleibende Waldfläche	2,99	2,84	2,18	2,90	1,70	1,70	1,76	1,71
Wald zu Ackerland	2,12	–	–	–	–	–	–	–
Wald zu Grünland	2,81	–	–	–	–	–	–	–
Wald zu Siedlung	2,14	–	–	–	–	–	–	–
Wald zu Feuchtgebiet	3,08	–	–	–	–	–	–	–
Wald zu anderen Landnutzungsclassen	–	–	–	–	–	–	–	–
Ackerland zu Wald	–	2,11	–	–	–	–	–	–
Grünland zu Wald	–	2,07	–	–	–	–	–	–
Siedlung zu Wald	–	2,00	–	–	–	–	–	–
Feuchtgebiet zu Wald	–	1,04	–	–	–	–	–	–
Andere Landnutzungsclassen zu Wald	–	–	–	–	–	–	–	–
KP Aufforstung/ Wiederbewaldung	–	2,70	–	–	–	–	–	–
KP Entwaldung	2,14	2,45	–	–	2,23	–	1,93	–

4.2.2 Unsicherheiten der baumartengruppenspezifischen Raumdichten

Die Raumdichten der Hölzer schwanken zwischen den Baumarten und in einem Baum selbst. Kollmann (1982) gibt die Schwankungsbreiten der Rohdichten an. Mithilfe dieses Schwankungsbereiches lässt sich nach Sachs (2004) die Standardabweichung schätzen. Für links- und rechtsschiefe Verteilungen (annähernd Dreiecksverteilung) der Raumdichten, wie sie bei den Hölzern gefunden werden können (Bossard, 1984; Kollmann, 1982), wird dazu die Spanne durch 4,2 geteilt. Der Fehler der Umrechnung von Rohdichte (bezogen auf das Trockengewicht) in Raumdichte (bezogen auf das Frischgewicht) konnte nicht berücksichtigt werden, da keine entsprechenden Angaben hierzu vorhanden sind. In diesem Fall ist man davon ausgegangen, dass sich dieser Fehler nicht auf die Spanne der Raumdichten auswirkt.

Tabelle 26: Relativer Standardfehler der Raumdichteschätzungen

Baumart	mittlere Rohdichte	minimale Rohdichte	maximale Rohdichte	Standardfehler	
				geschätzt	[%]
BU	0,68	0,49	0,88	0,09	13,66
DGL	0,47	0,32	0,73	0,10	20,77
EI	0,65	0,39	0,93	0,13	19,78
LÄ	0,55	0,40	0,82	0,10	18,18
ES (ALH)	0,65	0,41	0,82	0,10	15,02
FI	0,43	0,30	0,64	0,08	18,83
KI	0,49	0,30	0,86	0,13	27,21
PA (ALN)	0,41	0,37	0,52	0,04	8,71
TA	0,41	0,32	0,71	0,09	22,65

Für die mengenmäßig relativ unbedeutenden Nebenbaumarten Laubhölzer hoher (ALH, 4,4 % am Gesamtderbholzvolumen) und niedriger Lebensdauer (ALN, 5,2 %) wurden die Eschen- bzw. Pappelwerte genutzt. Die Tabelle 27 bildet die bei der Volumenexpansion entstehenden Unsicherheiten ab. Aufgeführt sind hier nur Unsicherheiten in den Zellen der Tabelle, in denen die C-Vorräte direkt geschätzt werden konnten.

Tabelle 27: Bei der Anwendung von Raumdichten entstehende Unsicherheiten

LULUCF-Klassen	Alte Bundesländer			Neue Bundesländer			Deutschland	
	Fehler 1987 [%]	Fehler 2002 [%]	Fehler 2008 [%]	Fehler 1993 [%]	Fehler 2002 [%]	Fehler 2008 [%]	Fehler 2002 [%]	Fehler 2008 [%]
Verbleibende Waldfläche	9,19	8,63	8,16	13,87	12,31	12,41	7,14	6,86
Wald zu Ackerland	13,70	–	–	–	–	–	–	–
Wald zu Grünland	8,65	–	–	–	–	–	–	–
Wald zu Siedlung	7,92	–	–	–	–	–	–	–
Wald zu Feuchtgebiet	24,49	–	–	–	–	–	–	–
Wald zu anderen Landnutzungsklassen	–	–	–	–	–	–	–	–
Ackerland zu Wald	–	8,05	–	–	–	–	–	–
Grünland zu Wald	–	7,76	–	–	–	–	–	–
Siedlung zu Wald	–	6,83	–	–	–	–	–	–
Feuchtgebiet zu Wald	–	6,65	–	–	–	–	–	–
Andere Landnutzungsklassen zu Wald	–	–	–	–	–	–	–	–
KP Aufforstung/ Wiederbewaldung	–	6,96	–	–	–	–	–	–
KP Entwaldung	8,21	9,23	–	–	24,46	–	8,93	–

4.2.3 Unsicherheiten bei der Ableitung der unterirdischen Biomasse

Die Standardfehler der Wurzelbiomasseberechnung können nur aus den Tabellen nach IPCC (2003) entnommen werden (siehe Tabelle 11). Auch hier wird eine mengengewichtete Hochrechnung der Fehler vorgenommen. Um die Fehlerfortpflanzung nach Summen (IPCC, 2000, Gleichung 6.3) durchzuführen, wurden die Summen der oberirdischen Massenberechnungen für jede Stratifizierung in der Tabelle errechnet. Danach können die Gesamtfehler für Nadelbäume (conifers), Eichen (oak) und andere Laubbäume (broadleaves) hergeleitet werden. Im Ergebnis stehen in Tabelle 28 die Fehlerwerte für den Zustand, in denen die C-Vorräte direkt geschätzt werden konnten.

Die IPCC-Tabelle hat den Vorteil, dass sie den Standardfehler der Schätzung angibt, im Gegensatz zu weiteren Methoden, wie sie z. B. in den Untersuchungen von Dieter & Elsasser (2002) präsentiert werden. Die in die CRF-Tabellen aufgenommenen Werte wurden nach IPCC (2003) hergeleitet.

Tabelle 28: Bei der Anwendung von Wurzel/Sproß-Verhältnissen entstehende Unsicherheiten

LULUCF-Klassen	Alte Bundesländer			Neue Bundesländer			Deutschland	
	Fehler 1987 [%]	Fehler 2002 [%]	Fehler 2008 [%]	Fehler 1993 [%]	Fehler 2002 [%]	Fehler 2008 [%]	Fehler 2002 [%]	Fehler 2008 [%]
Verbleibende Waldfläche	25,37	23,86	23,1	–	26,24	26,13	19,15	18,48
Wald zu Ackerland	32,36	–	–	–	–	–	–	–
Wald zu Grünland	24,19	–	–	–	–	–	–	–
Wald zu Siedlung	22,43	–	–	–	–	–	–	–
Wald zu Feuchtgebiet	32,34	–	–	–	–	–	–	–
Wald zu anderen Landnutzungs-klassen	–	–	–	–	–	–	–	–
Ackerland zu Wald	–	29,27	–	–	–	–	–	–
Grünland zu Wald	–	26,61	–	–	–	–	–	–
Siedlung zu Wald	–	25,24	–	–	–	–	–	–
Feuchtgebiet zu Wald	–	17,95	–	–	–	–	–	–
Andere Landnutzungs-klassen zu Wald	–	–	–	–	–	–	–	–
KP Aufforstung/ Wiederbewaldung	–	24,79	–	–	–	–	–	–
KP Entwaldung	23,09	22,51	–	–	35,27	–	19,20	–

4.2.4 Stichprobenfehler

Die Bundeswaldinventur ist eine Stichprobeninventur. Es wird somit nicht die Grundgesamtheit aufgenommen, sondern nur ein per Zufall ausgewählter Umfang an Stichproben. Die auf Basis der gezogenen Stichprobenelemente geschätzten Mittelwerte und Totalwerte unterliegen einer Varianz. Letztere bietet die Möglichkeit, die Genauigkeit der geschätzten Zielgrößen zu beurteilen. Die Varianz des Mittelwertes im Stratum l wird geschätzt nach:

Gleichung 19

$$v\left\langle \hat{Y}_l \right\rangle = \frac{1}{c_l(c_l - 1)} \sum_{c_l=1}^{c_l} \left(\frac{M_{l,c}}{E\langle M_{l,c} \rangle} \right)^2 \left(Y_{l,c} - \hat{Y}_l \right)^2$$

mit:

- v = Varianz
- Y = Zielgröße
- c = Anzahl der Trakte
- E = Erwartungswert
- M = Anzahl Traktecken pro Trakt

Die Varianz des Gesamtmittelwertes über alle Straten hinweg ist definiert durch:

Gleichung 20

$$v\langle \hat{Y}_{st} \rangle = \sum_{l=1}^L \left(\frac{\lambda(U_l)}{\lambda(U)} \right)^2 v\langle \hat{Y}_l \rangle$$

Die geschätzte Varianz der Veränderung $v\langle \hat{G}_l \rangle$ zwischen zwei Inventuren, deren Stichprobenelemente wiederholt aufgenommen wurden, berechnet sich nach:

Gleichung 21

$$v\langle \hat{G}_l \rangle = v\langle \hat{Y}_l^{(2)} \rangle + v\langle \hat{Y}_l^{(1)} \rangle - 2r_{y^2y^1} \sqrt{v\langle \hat{Y}_l^{(2)} \rangle} \sqrt{v\langle \hat{Y}_l^{(1)} \rangle}$$

Mit $r_{y^2y^1} = \frac{S_{y^2y^1}}{S_{y^2y^1}}$ als Korrelationskoeffizient und:

Gleichung 22

$$S_{y^2y^1} = \frac{1}{c_l(c_l - 1)} \sum_{c_{l=1}}^{c_l} \left(\frac{M_{lc}}{E\langle M_{l,c} \rangle} \right)^2 (Y_{lc}^{(2)} - \hat{Y}_l^{(2)}) (Y_{lc}^{(1)} - \hat{Y}_l^{(1)})$$

Die Varianzschätzung des flächenbezogenen Mittelwertes (Ratio-Schätzer) $v\langle \hat{R}_{st} \rangle$ aus $\hat{Y}_{st} / \hat{X}_{st}$ erfolgt nach:

Gleichung 23

$$v\langle \hat{R}_{st} \rangle = \frac{1}{(\hat{X}_{st})^2} \sum_{l=1}^L w_l^2 \frac{\sum_{c_{l=1}}^{c_l} \left(\frac{M_{lc}}{E\langle M_{l,c} \rangle} \right)^2 (y_{lc} - \hat{R}_{st} x_{lc})^2}{c_l(c_l - 1)}$$

mit:

w_l = Stratengewicht des Stratums l
 X_{st} = Zielgröße

Die Varianz der Veränderung eines Ratioschätzers $v\langle \hat{G}_{R_{st}} \rangle$ ist definiert durch:

Gleichung 24

$$v\langle \hat{G}_{R_{st}} \rangle = v\langle \hat{R}_{st}^{(t2)} \rangle + v\langle \hat{R}_{st}^{(t1)} \rangle - 2 \text{cov}\langle \hat{R}_{st}^{(t2)}, \hat{R}_{st}^{(t1)} \rangle$$

mit:

$$\text{cov}\langle \hat{R}_{st}^{(2)}, \hat{R}_{st}^{(1)} \rangle = \frac{1}{\hat{X}_{st}^{(2)} \hat{X}_{st}^{(1)}} \sum_{l=1}^L \left(\frac{\lambda(U_l)}{\lambda(U)} \right)^2 \frac{1}{n_{2,l}(n_{2,l}-1)} \sum_{x \in F_l \cap S_2} \left(\frac{M(x)}{E\langle M(x) \rangle} \right)^2 \left(d_c^{(2)}(x) - \hat{d}_l^{(2)} \right) \left(d_c^{(1)}(x) - \hat{d}_l^{(1)} \right)$$

wobei

$$d_c^{(2)}(x) = \left(Y_c^{(2)}(x) - \hat{R}_{st}^{(2)} X_c^{(2)}(x) \right)$$

und

$$\hat{d}_l^{(2)} = \frac{1}{n_{2,l}} \sum_{x \in F_l \cap S_2} \left(Y_c^{(2)}(x) - \hat{R}_{st}^{(2)} X_c^{(2)}(x) \right)$$

sowie $d_c^{(1)}$ und $\hat{d}_l^{(1)}$ entsprechend.

Auf Basis der Bundeswaldinventur lässt sich somit für jede LULUCF-Klasse, in der Biomasseschätzungen vorliegen, auch deren Genauigkeit anhand der hier präsentierten Schätzprozeduren berechnen.

Da die Berechnung der C-Vorräte für die neuen Bundesländer nur aufgrund der Methode nach Burschel et al. (1993) vorgenommen werden konnte, unter Berücksichtigung der Daten der Veröffentlichung: „Der Wald in den neuen Bundesländern“ (BMELF, 1994), kann das Vorgehen für die alten Bundesländer hier nur teilweise übernommen werden. Auf Seite 9 der genannten Veröffentlichung heißt es zu den Vorratsfehlern: „Der Vorrat der Teilfläche wurde im Rahmen des Forsteinrichtungsverfahrens mit einem mittleren Standardfehler von $\pm 12,5\%$ ermittelt.“ Nimmt man an, dass sich dieser Fehler systematisch auch auf die Aggregation durchgeschlagen hat, kann man von $\pm 12,5\%$ für die Baumartengruppen ausgehen.

Tabelle 29: Stichprobenfehler für die oberirdische Biomasse

LULUCF-Klassen	Alte Bundesländer			Neue Bundesländer			Deutschland	
	Fehler 1987 [%]	Fehler 2002 [%]	Fehler 2008 [%]	Fehler 1993 [%]	Fehler 2002 [%]	Fehler 2008 [%]	Fehler 2002 [%]	Fehler 2008 [%]
Verbleibende Waldfläche	1,07	1,04	2,34	12,50	3,91	3,84	2,01	2,00
Wald zu Ackerland	55,12	–	–	–	–	–	–	–
Wald zu Grünland	45,42	–	–	–	–	–	–	–
Wald zu Siedlung	18,73	–	–	–	–	–	–	–
Wald zu Feuchtgebiet	69,85	–	–	–	–	–	–	–
Wald zu anderen Landnutzungsclassen	–	–	–	–	–	–	–	–
Ackerland zu Wald	–	26,46	–	–	–	–	–	–
Grünland zu Wald	–	15,37	–	–	–	–	–	–
Siedlung zu Wald	–	20,9	–	–	–	–	–	–
Feuchtgebiet zu Wald	–	28,42	–	–	–	–	–	–
Andere Landnutzungsclassen zu Wald	–	–	–	–	–	–	–	–
KP Aufforstung/ Wiederbewaldung	–	10,47	–	–	–	–	–	–
KP Entwaldung	16,33	44,95	–	–	77,3	–	39,03	–

Tabelle 30: Stichprobenfehler für die unterirdische Biomasse

LULUCF-Klassen	Alte Bundesländer			Neue Bundesländer			Deutschland	
	Fehler 1987 [%]	Fehler 2002 [%]	Fehler 2008 [%]	Fehler 1993 [%]	Fehler 2002 [%]	Fehler 2008 [%]	Fehler 2002 [%]	Fehler 2008 [%]
Verbleibende Waldfläche	1,05	1,03	2,18	12,50	3,84	3,80	1,98	1,97
Wald zu Ackerland	55,59	–	–	–	–	–	–	–
Wald zu Grünland	43,11	–	–	–	–	–	–	–
Wald zu Siedlung	18,49	–	–	–	–	–	–	–
Wald zu Feuchtgebiet	64,93	–	–	–	–	–	–	–
Wald zu anderen Landnutzungsclassen	–	–	–	–	–	–	–	–
Ackerland zu Wald	–	25,41	–	–	–	–	–	–
Grünland zu Wald	–	14,80	–	–	–	–	–	–
Siedlung zu Wald	–	20,93	–	–	–	–	–	–
Feuchtgebiet zu Wald	–	28,31	–	–	–	–	–	–
Andere Landnutzungsclassen zu Wald	–	–	–	–	–	–	–	–
KP Aufforstung/ Wiederbewaldung	–	10,23	–	–	–	–	–	–
KP Entwaldung	16,01	2,45	–	–	77,86	–	38,50	–

4.2.5 Fehlerbudget

Die in den vorangegangenen aufgeführten Fehlerquellen und Fehlerrahmen werden nun abschließend zu einem Gesamtfehlerbudget zusammengeführt. Dabei kann für die alten Bundesländer für den Zeitraum 1987 - 2002 ein vollständiges Budget erstellt werden. Die Fehlerwerte sind in Tabelle 31 und das gesamte Fehlerbudget in Tabelle B 1 bis Tabelle B 4 (siehe Anhang B) zu finden. Für den Zeitraum 2002 - 2008 lässt die Datenlage nur eine Fehlerrechnung für die Klasse *Verbleibende Waldfläche* zu (siehe Tabelle 32). Das vollständige Fehlerbudget ist in Tabelle B 4 zu finden. Mit der voraussichtlich 2012 abgeschlossenen BWI 3 können die derzeitigen Lücken gefüllt werden. Die C-Vorratsveränderung in der LULUCF-Klasse *Verbleibende Waldfläche* weist im Zeitraum 2002 - 2008 eine signifikante Zunahme von 2,64 t/ha auf.

Tabelle 31: Gesamtfehler für die C-Vorrats- und C-Veränderungsschätzung zwischen 1987 und 2002 in den alten Bundesländern

LULUCF-Klasse	1987		2002		1987-2002	
	Gesamtfehler [%]	Fehler Emissionsfaktor [%]	Gesamtfehler [%]	Fehler Emissionsfaktor [%]	Gesamtfehler [%]	Fehler Emissionsfaktor [%]
Verbleibende Waldfläche	9,64	9,68	9,09	9,14	7,14	7,20
Wald zu Ackerland	45,48	52,64	–	–	45,48	52,64
Wald zu Grünland	36,75	39,39	–	–	36,75	39,39
Wald zu Siedlung	17,21	20,50	–	–	17,21	20,50
Wald zu Feuchtgebiet	59,08	64,10	–	–	59,08	64,10
Wald zu anderen Landnutzungsklassen	–	–	–	–	–	–
Ackerland zu Wald	–	–	22,83	26,57	22,83	26,57
Grünland zu Wald	–	–	15,21	17,48	15,21	17,48
Siedlung zu Wald	–	–	18,54	22,83	18,54	22,83
Feuchtgebiet zu Wald	–	–	23,26	28,18	23,26	28,18
Andere Landnutzungsklassen zu Wald	–	–	–	–	–	–
KP Aufforstung/Wiederbewaldung	–	–	11,98	13,40	11,98	13,40
KP Entwaldung	15,67	17,60	–	–	15,67	17,60

Tabelle 32: Gesamtfehler für die C-Vorrats- und C-Veränderungsschätzung zwischen 2002 und 2008 in Deutschland

LULUCF-Klasse	2002		2008		2002-2008	
	Gesamtfehler [%]	Fehler Emissionsfaktor [%]	Gesamtfehler [%]	Fehler Emissionsfaktor [%]	Gesamtfehler [%]	Fehler Emissionsfaktor [%]
Verbleibende Waldfläche	7,58	7,62	7,33	7,36	29,68	29,69

4.3 Unsicherheiten bei der Schätzung der Streu und der Mineralböden

4.3.1 Probenahmefehler

Ein Problem der Beprobung von Böden ist die korrekte Trennung der Streu vom Mineralboden, da der Übergang zwischen beiden Kompartimenten nicht immer eindeutig identifizierbar ist. Dies ist umso problematischer, als dass die Kohlenstoffkonzentration der Streu deutlich gegenüber dem darunter liegenden Mineralboden erhöht ist. Eine unsaubere oder unsachgemäße Abtrennung der Streu vom Mineralboden kann daher große Auswirkungen auf die Kohlenstoffvorräte des jeweiligen Horizontes bzw. der Tiefenstufe haben.

4.3.2 Kleinräumige Variabilität

Die Beprobung von Kohlenstoffvorräten unterliegt aufgrund der hohen räumlichen Variabilität in der Streu oder im Mineralboden einer großen Unsicherheit, da Kohlenstoffvorräte nur über kurze Distanzen eine räumliche Kontinuität aufweisen. Schöning et al. (2006) berechnete für die Streu eines Buchenwaldes einen Vorrat von 4,0 tC/ha mit einem Variationskoeffizienten von 38 %. Im Mineralboden (0 - 36 cm) fanden sie Kohlenstoffvorräte von 64,0 tC/ha mit Variationskoeffizienten zwischen 30 % und 43 %. Ähnliche Werte sind auch von Liski (1995) dokumentiert. Er zeigte, dass Kohlenstoffvorräte unter einem Fichtenstandort innerhalb eines bestimmten Horizontes ab 8 m räumlich unabhängig voneinander waren.

4.3.3 Repräsentanz von Punkten innerhalb der Straten

Ein Problem der Auswertung nach den Leitbodeneinheiten ergab sich aus der unterschiedlichen Besetzung der Klassen. Kleinen Klassen fehlt die statistische Validität gegenüber einer großen Grundgesamtheit. Wenn aufgrund fehlender Daten kein Vergleich zwischen BZE I und BZE II/BioSoil möglich war, konnte die vom Wald bedeckte Fläche der Leitbodeneinheiten ebenfalls nicht in die Berechnung einfließen. Weiterhin war es nicht möglich, alle Leitbodeneinheiten zu besetzen, da einige nur auf kleinere Flächen im Bundesgebiet beschränkt sind. Insgesamt betrifft dies eine nicht berücksichtigte Waldfläche von 4,3 %.

4.3.4 Datengrundlage

Für etwa die Hälfte aller beprobten Punkte liegen noch keine vollständigen Datensätze vor. Daher können die vorliegenden Ergebnisse ohne Berücksichtigung der noch fehlenden Datensätze nicht als Endergebnis der Auswertung angesehen werden.

4.3.5 Stichprobenfehler

Bei der Berechnung der Stichprobenfehler der Vorratsänderung für Streu und Mineralböden wurde zwischen gepaarten und ungepaarten Stichproben unterschieden und eine Stratifizierung für Mineralböden berücksichtigt. Die Varianz des mittleren Vorrats des Stratums / bzw. der unstratifizierten Gesamtstichprobe mit der Anzahl der Probepunkte n berechnete sich nach Gleichung 25.

Gleichung 25

$$v\langle \bar{Y}_l \rangle = \frac{1}{n_l(n_l - 1)} \sum_{j=1}^{n_l} (Y_{lj} - \bar{Y}_l)$$

Die Varianz der mittleren Vorratsänderung des Stratum l zwischen den Zeitpunkten t_1 und t_2 berechnete sich bei gepaarten Stichproben nach Gleichung 26.

Gleichung 26

$$v\langle \bar{G}_l \rangle = v\langle \bar{Y}_{lt_2} \rangle + v\langle \bar{Y}_{lt_1} \rangle - 2r_{y^2y^1} \sqrt{v\langle \bar{Y}_{lt_2} \rangle} \sqrt{v\langle \bar{Y}_{lt_1} \rangle}$$

mit

$$r_{y^2y^1} = \frac{s_{y^2y^1}}{s_{y^2y^1}}$$

und

$$s_{y^2y^1} = \frac{1}{n_l(n_l - 1)} \sum_{j=1}^{n_l} (Y_{ljt_2} - \bar{Y}_{lt_2})(Y_{ljt_1} - \bar{Y}_{lt_1})$$

Bei ungepaarten Stichproben berechnete sich die Varianz der Vorratsänderungen nach Gleichung 27.

Gleichung 27

$$v\langle \bar{G}_l \rangle = v\langle \bar{Y}_{lt_2} \rangle + v\langle \bar{Y}_{lt_1} \rangle$$

Die Gesamtvarianz über alle Straten hinweg wurde unter Berücksichtigung ihres Flächenanteils w_l/w abgeschätzt nach Gleichung 28 bzw. Gleichung 29.

Gleichung 28

$$v\langle \bar{Y} \rangle \approx \sum_{l=1}^L \left(\frac{w_l}{w} \right)^2 v[\bar{Y}_l]$$

Gleichung 29

$$v\langle \bar{G} \rangle \approx \sum_{l=1}^L \left(\frac{w_l}{w} \right)^2 v[\bar{G}_l]$$

Die Vorratsänderung für die Streu wurde unstratifiziert als gepaarte Stichprobe berechnet. Es ergab sich dabei ein Stichprobenfehler von 0,03 tC/ha oder 75 %. Bei der Berechnung der Vorratsänderung für den Mineralboden wurde die Stichprobe in eine gepaarte und eine ungepaarte Stichprobe unterteilt. Weiterhin wurde nach Leitbodeneinheiten und den beiden Teilstichproben stratifiziert. Der Fehler erreichte Werte von 0,16 tC/ha bei der ungepaarten Stichprobe und 0,06 tC/ha bei der gepaarten Stichprobe. Insgesamt betrug der Stichprobenfehler für Mineralböden 0,07 tC/ha oder 13 %.

5 PROJEKTIONEN

Basierend auf den Daten der Inventurstudie 2008 wurden mittels des bereits aus der BWI 2 bekannten Simulationsmodells Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung (WEHAM) die zukünftige Waldentwicklung (Vorräte, Zuwachs, Kohlenstoffspeicherung) sowie die Höhe des potenziellen Rohholzaufkommens über die nächsten Jahrzehnte geschätzt. Das potenzielle Rohholzaufkommen ist für die Forst- und Holzwirtschaft und die Politik eine wichtige Planungsgröße zur Abschätzung der Nutzungsmöglichkeiten des nachwachsenden Rohstoffes Holz. In Deutschland sind etwa 1 Mio. Arbeitsplätze direkt oder indirekt von diesem Potenzial abhängig (Mrosek et al., 2005), an denen ein jährlicher Umsatz von ca. 110 Mrd. Euro generiert wird.

WEHAM simuliert die zukünftig mögliche Waldentwicklung und die mögliche Menge nutzbaren Holzes auf der Basis von Stichprobeninventurdaten. Die Ergebnisse basieren auf Annahmen über die künftige Waldbewirtschaftung und sind deshalb keine Voraussage der tatsächlichen Entwicklung, sondern stellen lediglich eine plausible und mögliche Entwicklung dar. Wegen der geringeren Beobachtungsdichte bei der IS08 (siehe Kapitel 2.2.1) ist der Detailgrad der Ergebnisse nicht so hoch wie bei den Analysen zur BWI 2. Darauf aufbauend sind Feststellungen zur Kohlenstoffspeicherung im Wald möglich. Hinsichtlich der Nutzung sind für die Analysen nach der BWI 2 verschiedene Szenarien entwickelt worden, die jeweils unterschiedliche waldbauliche Vorgehensweisen und Zielsetzungen beschreiben. In der der zur Verfügung stehenden Zeit war es nach der IS08 nicht möglich, neue Szenarien zu entwickeln, so dass auf die bereits früher verwendeten zurückgegriffen wurde. Hier werden nur die Ergebnisse des sogenannten „Basisszenarios“ dargestellt (s. u.). WEHAM modelliert keine zukünftigen Klimaänderungen, Witterungsextreme, Kalamitäten, Änderungen in der Flächennutzung oder Baumartenwechsel. Angesichts des Zwecks, der Schätzung des potenziellen Rohholzaufkommens der nächsten vier Jahrzehnte, ist dies zu vernachlässigen.

Die Methodik sowie Details zu den verwendeten Einstellungen des Modells sind in BMELV (2005b) und BMELV (2005c) dargestellt.

5.1 Funktionsweise von WEHAM

WEHAM ist ein speziell auf die Bedingungen der BWI abgestimmtes Modell, das das Wachstum von Einzelbäumen an den Stichprobenpunkten, deren Ausscheiden durch Nutzung, sowie die Sortierung des dabei entstehenden Rohholzpotenzials simuliert. Die Modellwerte werden dann nach denselben Verfahren wie die Messwerte der Inventur hochgerechnet. Der Simulationszeitraum wurde auf 40 Jahre begrenzt, da das Modell keine Änderungen der Wuchsbedingungen, der Bewirtschaftungsverfahren oder der wirtschaftlichen und sozialen Rahmenbedingungen simulieren kann. Ein noch weiter in die Zukunft gerichteter Simulationslauf ist mit sehr hohen Unsicherheiten belastet. Gleichzeitig wird im Modell eine Konstanz der genutzten Fläche unterstellt, d. h. dass bei der Aufnahme 2008 nicht bestockte Flächen auch in Zukunft nicht in Produktion genommen werden, dass der Anteil an völlig aus der Nutzung genommenen oder unter Nutzungseinschränkung stehenden (Natur-) Schutzgebietsflächen oder Nichtholzbodenflächen (Wege, Holzlagerplätze etc.) gleich bleibt und dass bei der Verjüngung von Beständen kein Baumartenwechsel stattfindet.

Aufgrund der geringen Netzdichte im Vergleich zur BWI 2 wurden die hier dargestellten Ergebnisse nicht auf der Ebene der Eigentumsarten oder bundesländerweise aufgeschlüsselt. Die Anteile der Eigentumsarten an der modellierten Fläche entsprechen den Anteilen, wie sie sich aus der BWI 2 ergeben. Es wird unterstellt, dass diese Anteile konstant bleiben.

Das Modell besteht aus drei Teilen:

- Wachstumsmodell,
- Nutzungsmodell und
- Sortierungsmodell.

Die Steuerparameter aller Teilmodelle wurden in Zusammenarbeit mit Vertretern der Bundesländer erarbeitet. Für die hier dargestellten Projektionen wurden die gleichen Annahmen wie bei den Simulationen auf Basis der BWI 2-Daten verwendet, das sogenannte „Basisszenario“. Dieses beschreibt eine Waldbewirtschaftung, wie sie aus der Perspektive des Jahres 2003 für den modellierten Zeitraum erwartet wurde. Sie basiert auf den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen aus den Jahren ca. 2000 – 2003, was bei der Interpretation der Ergebnisse zu beachten ist. Das Modell schreibt die Startwerte der Einzelbäume (z. B. BHD, Höhe) in 5-Jahres-Perioden fort und gibt den Waldzustand am Ende jeder Periode (Baumarten, Flächen, Vorräte) und das durchschnittliche jährliche Rohholzpotezial sowie den jährlichen Zuwachs einer Periode an.

Nach modellhafter Endnutzung an einem Probepunkt wird ein Bestand mit den gleichen Baumarten wieder begründet. Dabei wird eine mittlere Bonität unterstellt. Nicht modelliert werden eine natürliche Verjüngung und Mortalität. Das Modell berücksichtigt keine wirtschaftlichen oder technischen Restriktionen der Holznutzung oder Holzernte, die über die Vorgaben z. B. von Zopfdurchmessern im Nutzungsmodell hinausgehen. Individuelle Eigentümerzielsetzungen werden nur im Querschnitt über Eigentümerklassen berücksichtigt.

5.1.1 Wachstumsmodell

Für die Modellierung des Wachstums werden aus den Daten von wiederholt vermessenen Bäumen (BWI 1, BWI 2) generierte Wachstumsfunktionen verwendet, die die Durchmesserentwicklung über dem Alter beschreiben. Über seine Startwerte (Alter, Durchmesser, ggf. Höhe und oberer Durchmesser) wird jedem erfassten Baum eine dieser Kurven zugeordnet. Das Durchmesserwachstum über die Projektionsperiode wird dann über diese Kurve hergeleitet. Die Höhen werden nicht analog über Kurven modelliert, sondern mittels einer Höhentarifffunktion bestimmt. Dieses Vorgehen verhindert unrealistisch große Höhenzuwächse bei Altbäumen.

5.1.2 Nutzungsmodell

Das Nutzungsmodell legt für jeden Stichprobenpunkt Eingriffe, z. B. Durchforstungen oder Endnutzungen, fest. Steuerparameter sind vor allem Baumart, Bundesland, Durchforstungsart, Durchforstungsintensität (Turnus, Stammzahlen und Zielgrundfläche), Umtriebszeit und Zieldurchmesser. Damit werden die derzeit üblichen und regional und baumartenweise unterschiedlichen Behandlungskonzepte nachgebildet. In einigen Bundesländern wird zudem nach der

Eigentumsart unterschieden. Kappungsgrenzen verhindern an Stichprobenpunkten unrealistisch hohe Holzentnahmemengen, wenn an diesen Punkten Besonderheiten vorliegen, die vom Modell nicht abgedeckt werden. Die wesentlichen Festlegungen zum Nutzungsmodell zeigt die Tabelle 33.

Tabelle 33: Übersicht über wichtige Steuergrößen des verwendeten Szenarios (Toleranz für Endnutzungsalter (EN-A.): Zeitrahmen um das im Nutzungsmodell festgelegte Zielalter, in dem die simulierte Endnutzung stattfindet.

Baumart	Steuergröße		
	Endnutzungsalter (Jahre)	Toleranz für EN-Alder (Jahre)	Ziel-BHD (cm)
Buche	140 – 160	10 – 30	55 – 70
Eiche	150 – 200	20 – 40	60 – 80
Fichte	80 – 160	10 – 30	40 – 60
Kiefer	130 – 160	10 – 50	45 – 60

5.1.3 Sortierungsmodell

Das Sortierungsmodell teilt jeden entnommenen Stamm in handelsübliche Klassen ein. Es wird durch Land, Baumart und Zopfdurchmesser gesteuert und kann fast 1.600 verschiedene Varianten unterscheiden. Das Rohholzvolumen stehender Bäume bzw. Waldbestände wird zunächst in Vorratsfestmetern Derbholz mit Rinde (m^3 Vfm) berechnet. Das Sortierungsmodell zieht dann die Rindenanteile und die üblicherweise auftretenden Verluste bei der Holzernte ab und berücksichtigt die handelsüblichen Abschläge bei der Vermessung von Rohholz (Abbildung 34). Das Ergebnis ist das potenzielle Rohholzaufkommen in Erntefestmeter Derbholz ohne Rinde (Efm). Die Anforderungen der Holzindustrie und hohe Aufarbeitungskosten in der Forstwirtschaft sowie die in der Vergangenheit geringe Nachfrage nach Brennholz haben dazu geführt, dass Rohholz oft nicht bis zur Derbholzgrenze (7 cm mit Rinde) geerntet bzw. nicht aufgearbeitet wurde. Zudem werden Bäume erst ab einem bestimmten BHD geerntet, der z. B. bei Fichte meistens bei 12 cm liegt. Das Modell berücksichtigt diese Größe als minimalen Aufarbeitungs-BHD. Für Rohholz unterhalb dieser Schwelle wird die Bezeichnung „nicht verwertbares Derbholz“ verwendet. Im Zeitraum zwischen der BWI 2 und der IS08 lagen jedoch auch Jahre mit verhältnismäßig hoher Holz Nachfrage, die unter anderem bei Nadelhölzern Zopfdurchmesser unterhalb der Derbholzgrenze marktfähig machten. Diese Gegebenheiten sind im Modell nicht berücksichtigt.

Die wesentlichen Steuerparameter des Sortierungsmodells werden in der Tabelle 34 wiedergegeben. Die Spannen ergeben sich aus Unterschieden nach Baumart (bzw. Baumartengruppen), Rohholzsortierung, Ländern und Eigentumsarten. Das Modell maximiert den Stammholzanteil, obwohl von der Verwendung her v. a. bei geringem Durchmesser die Sorten Industrieholz und Stammholz gegeneinander austauschbar sind.

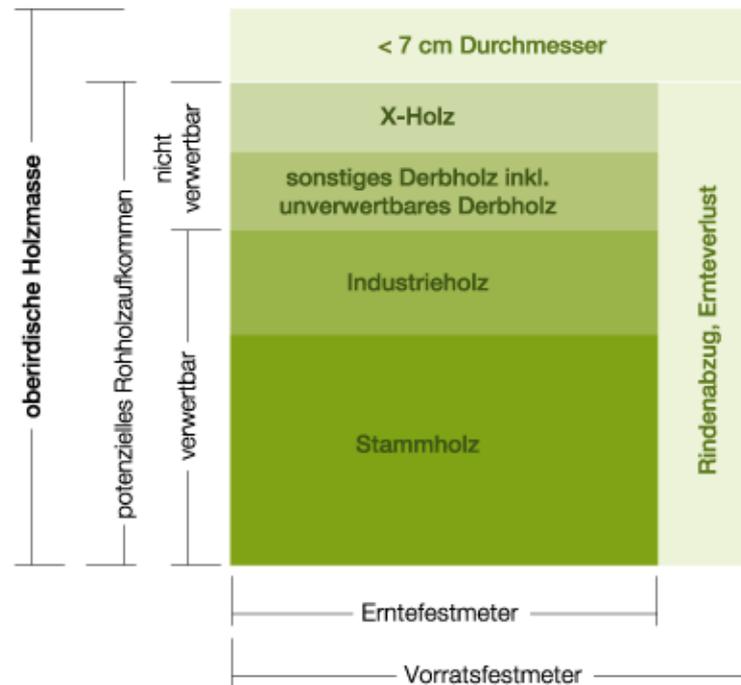


Abbildung 34: Einteilung der oberirdischen Biomasse eines Baumes in verschiedene Kompartimente

Tabelle 34: Steuerungsparameter für die Holzsortierung [Angabe: Median (Minimum – Maximum)]

	Eiche, Roteiche	Buche, andere Laubbölder (ohne Eichen)	Fichte, alle anderen Nadelhölzer außer Kiefer und Lärche	Kiefer, Lärche
Stammholzzopf	20 (14 – 35)	20 (14 – 40)	11 (8 – 25)	13 (10 – 25)
Aufarbeitungszopf	12 (7 – 20)	15 (7 – 25)	8 (7 – 13)	10 (7 – 13)
Aufarbeitungs-BHD	20 (15 – 20)	20 (15 – 20)	12 (12 – 20)	12 (12 – 12)

5.2 Ergebnisse

Bei den Berechnungen wurden die Baumartengruppen Eiche (Eichen und Roteiche), Buche, andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer (z. B. Weiden, Pappeln), andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer (z. B. Ahorne, Esche), Fichte (-n), Tanne, Douglasie, Kiefer und (europäische und japanische) Lärche unterschieden. In den Ergebnissen sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nur Eiche, Buche, Fichte und Kiefer jeweils separat dargestellt. Zusätzlich sind „alle Laubbaumarten“, „alle Nadelbaumarten“ und „alle Baumarten“ zusammengefasst. Detailliertere Betrachtungen der Hauptbaumarten Eiche (Stiel- und Traubeneiche), (Rot-) Buche, Fichte und Kiefer sind in Anhang C enthalten. Vorräte und Zuwächse werden in Vorratsfestmetern mit Rinde (Vfm) angegeben, die Rohholzpoteziale in Erntefestmetern ohne Rinde (Efm, siehe Kapitel 5.1.3).

5.2.1 Vorratsentwicklung

Die durchschnittlichen Vorräte je Hektar bleiben nach dem Basisszenario über die nächsten 40 Jahre nahezu konstant (Abbildung 35). Hierbei heben sich mehrere Trends gegenseitig auf: Bei Buche (und in geringerem Maß bei Eiche) erfolgt eine Absenkung des mittleren Alters durch die zunehmende Nutzung der älteren Bäume, was mit einem Vorratsabbau einhergeht (Buche: von 353 auf 287 Vfm/ha, Eiche: von 314 auf 281 Vfm/ha). Bei der Fichte bleibt das Alter konstant, was bei steigendem Volumen je Einzelbaum zu einer Vorratsanreicherung führt (von 412 auf 443 Vfm/ha) und bei der Kiefer steigt es sogar, was – bei unterstellten Nutzungsansätzen – jedoch zu einem leichten Vorratsrückgang (von 312 auf 294 Vfm/ha) beiträgt. Am Anfang der betrachteten Periode überwiegt bei den Nadelbäumen, insbesondere bei Kiefer, der Anteil der jüngeren Altersklassen (Abbildung 36), die gegen Ende der Periode in den Bereich der Endnutzung eingewachsen sind. Dementsprechend ändern sich die Durchmesserstrukturen im verbleibenden Bestand. Bei den Laubbaumarten ist dieser Trend nicht vorhanden.

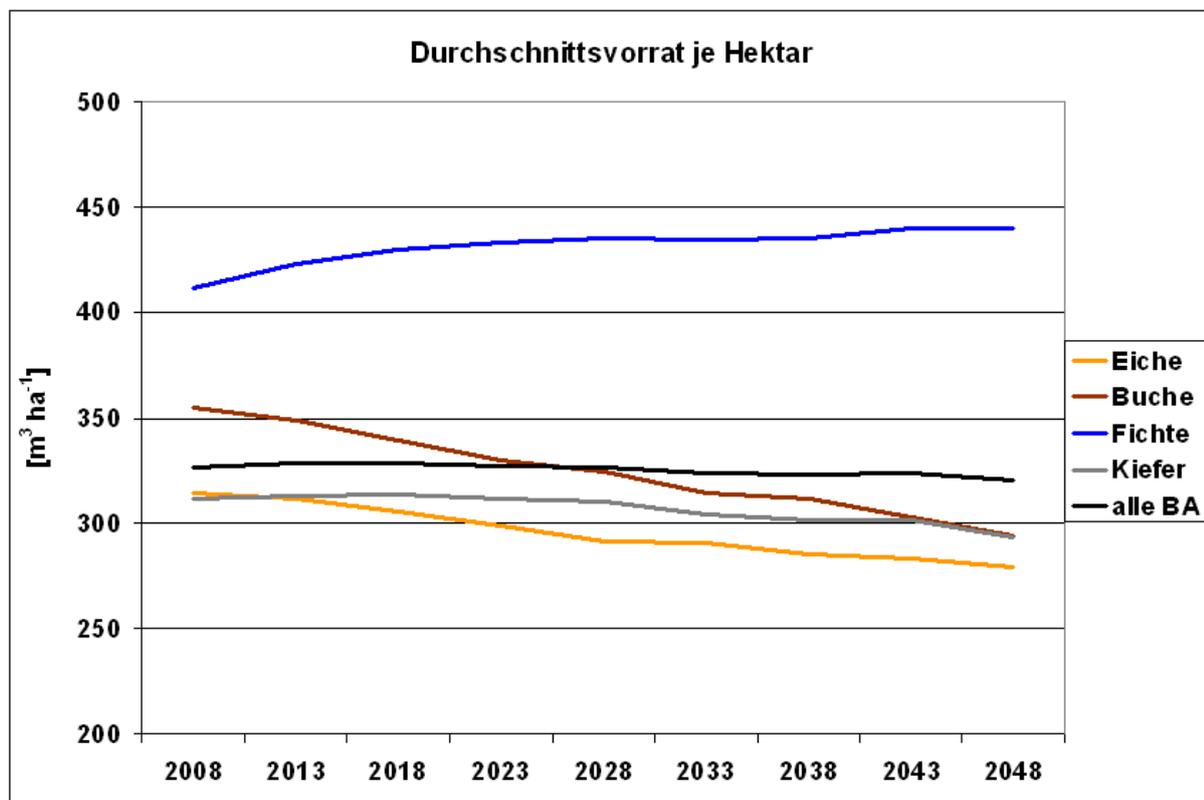


Abbildung 35: Durchschnittsvorrat je Hektar (Vfm, „alle BA“: alle Baumarten; nur Hauptbestand)

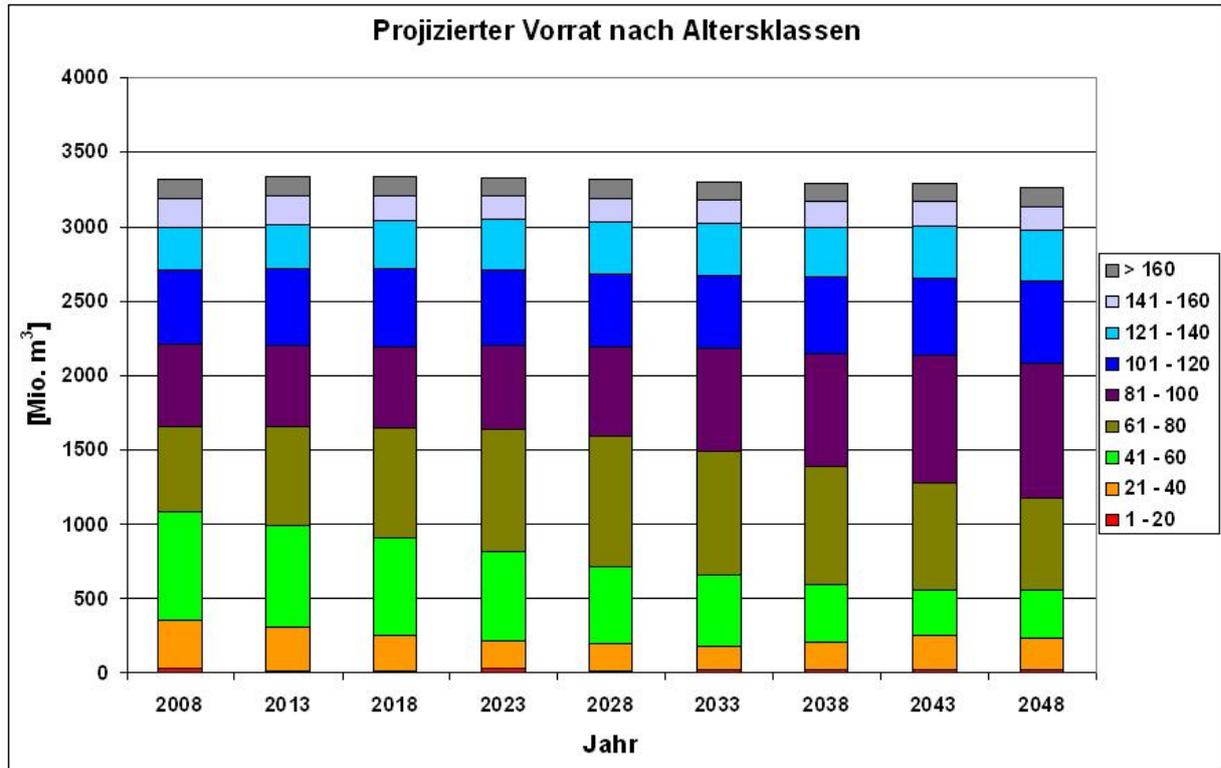


Abbildung 36: Projizierter Vorrat (Vfm) nach Altersklassen des verbleibenden Bestandes (alle Baumarten)

5.2.2 Zuwächse

Der laufende Zuwachs je Hektar (Abbildung 37) sinkt über den Projektionszeitraum leicht von 10,1 auf 9,4 Vfm je Jahr und Hektar ab und liegt unter dem Zuwachs, der für die Periode 2002-2008 ermittelt wurde (siehe Polley et al., 2009b). Bei Buche gehen die Werte von 9,6 auf 8,9, Vfm bei Eiche von 7,5 auf 6,9 Vfm und bei Kiefer von 8,3 auf 6,8 Vfm zurück. Bei Fichte schwankt der Zuwachs leicht und geht tendenziell etwas zurück (von 14,5 auf 14,2 Vfm).

Über die betrachtete Zeit geht der Anteil der BHD-Stufen von 20,0 bis 39,9 cm von zusammen über 50 % auf etwa 30 % des gesamten Zuwachses zurück. Der Anteil des schwachen und des sehr starken Segments nimmt im Gegenzug jeweils zu, was sich auch in der Altersklassenverteilung widerspiegelt (Abbildung 38).

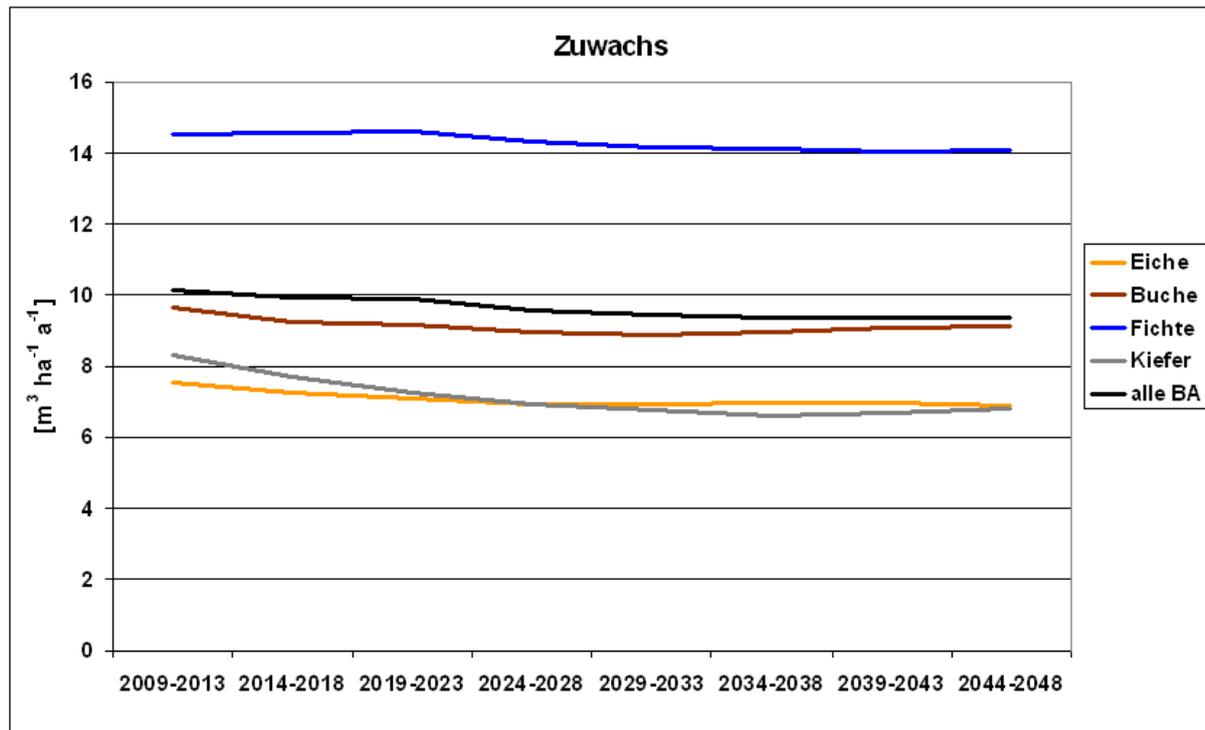


Abbildung 37: Laufender Zuwachs (Vfm), nur Hauptbestand

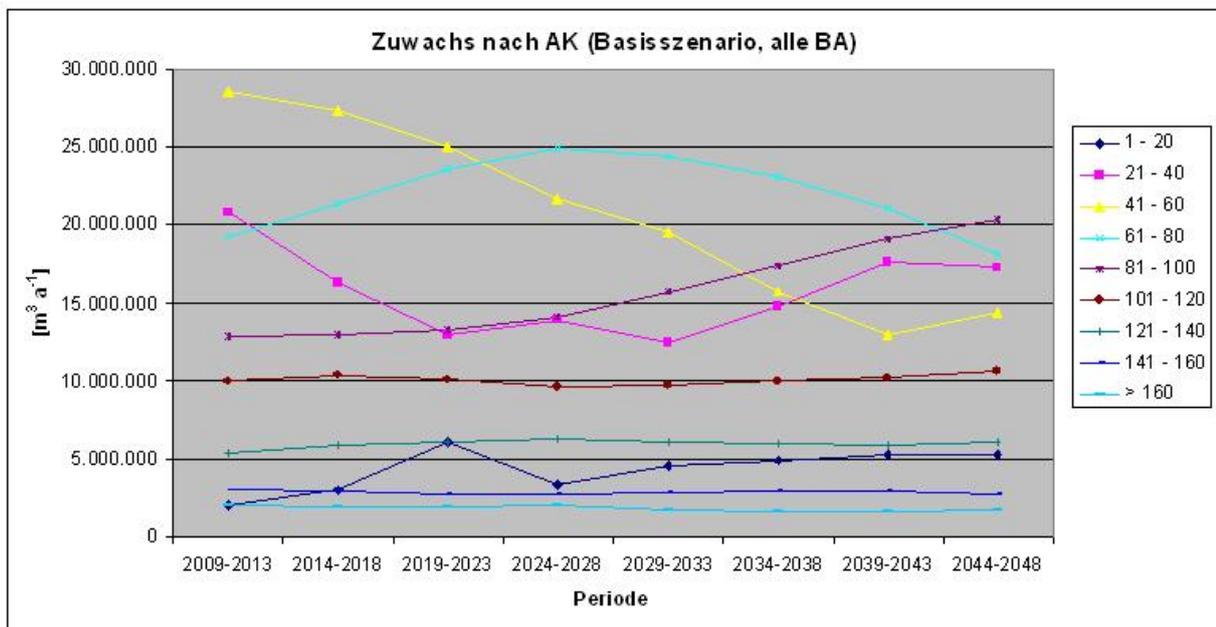


Abbildung 38: Zuwachsentwicklung (Vfm) nach Altersklassen

5.2.3 Rohholzpotenziale

Das Rohholzpotenzial je Hektar entwickelt sich relativ ausgeglichen (Abbildung 39). Die Gesamtmenge an Laubholz nimmt über die nächsten Jahrzehnte leicht ab, die an Nadelholz leicht zu. Da in die Berechnung die Waldflächen mit Nutzungsbeschränkungen nicht komplett eingehen, ist die Bezugsfläche geringer als die Gesamtwaldfläche.

Bei den Laubbäumen ist das Rohholzpotenzial aufgrund der vorliegenden Alters- und Durchmesserstruktur über den gesamten Zeitraum höher als der laufende Zuwachs. Gleiches gilt prinzipiell für die Kiefer. Bei den Nadelbaumarten insgesamt steigt das Nutzungsprozent in den ersten 10 Jahren auf 100 (vollständige Nutzung des Potenzials) und verbleibt in diesem Bereich. Die Durchmesser des potenziell zur Verfügung stehenden Rohholzes werden zunehmend größer. Gegen Ende des Betrachtungszeitraumes entfallen mehr als 60 % auf Bäume mit einem BHD über 40 cm (Abbildung 40).

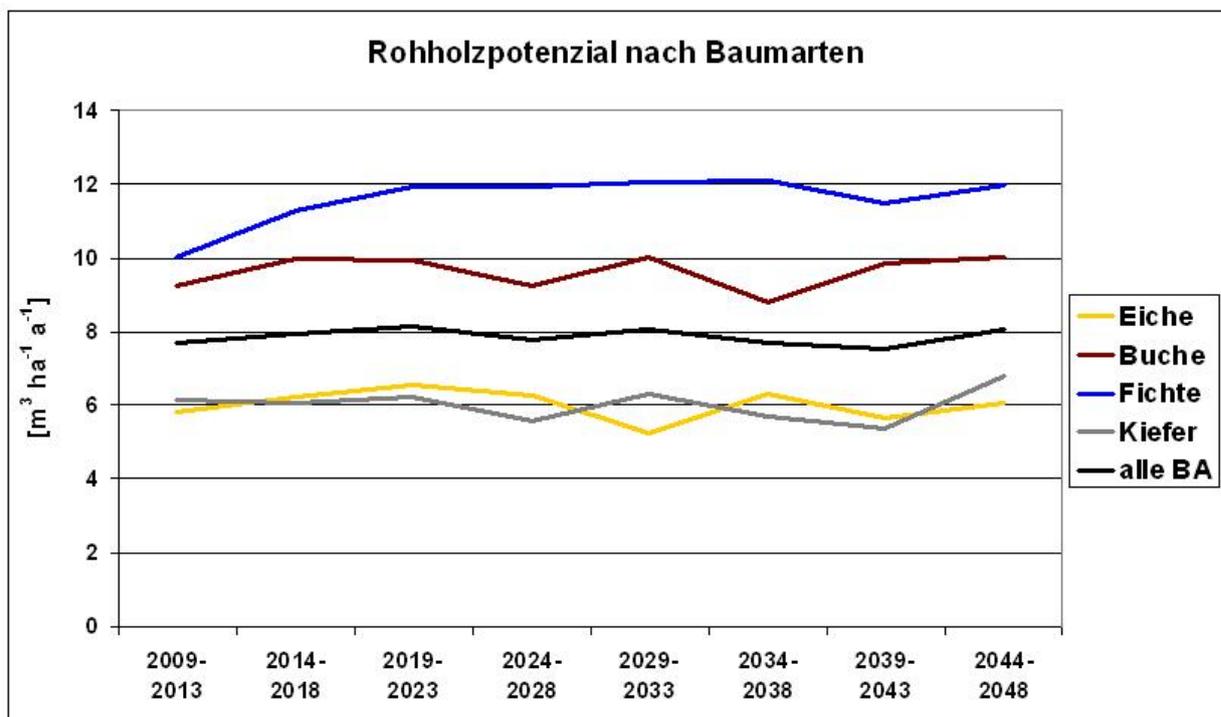


Abbildung 39: Rohholzpotenzial (Efm), nur Hauptbestand

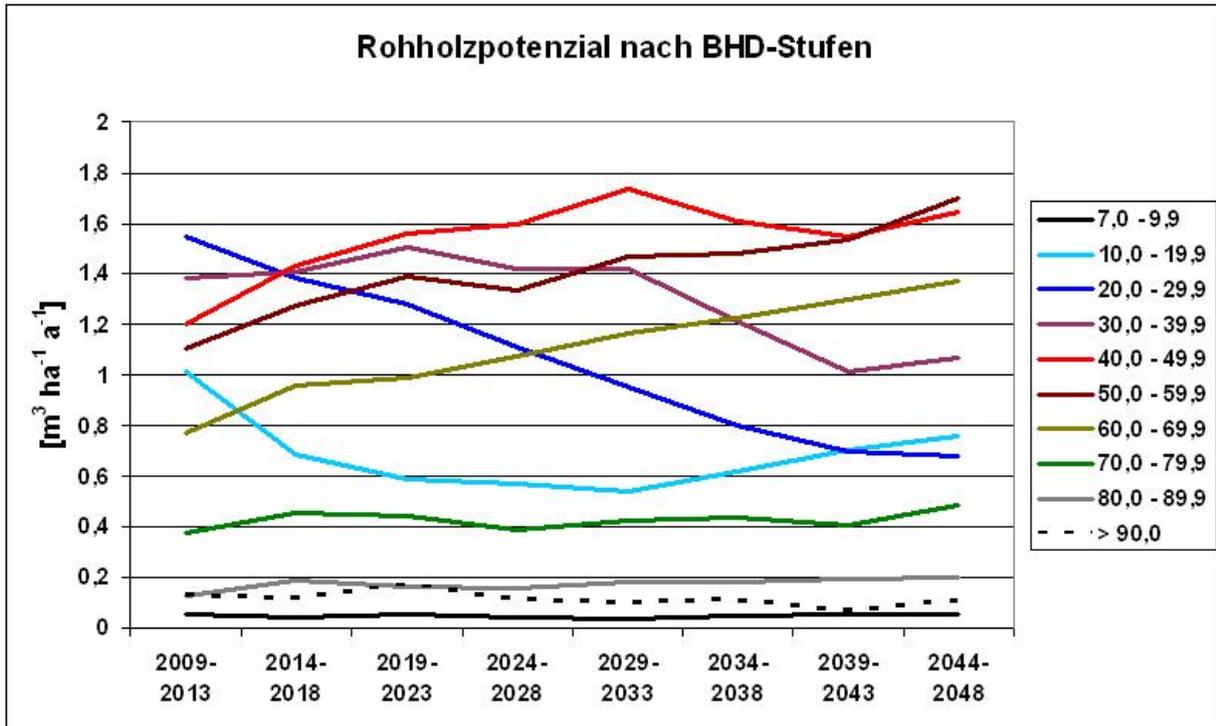


Abbildung 40: Rohholzpotenzial (Efm) nach BHD-Stufen über alle Baumarten, nur Hauptbestand

Das bundesweite potenzielle Rohholzaufkommen schwankt zwischen 78,3 Mio. Efm pro Jahr in der ersten 5-Jahresperiode über 76,2 bis 81,7 (in der Mitte des betrachteten Zeitraums, Abbildung 41). Die Potenziale von Buche und Eiche schwanken stark (zwischen 13,8 und 15,9 bzw. 4,8 und 5,9 Mio. Efm), bei Kiefer fällt es von 14,4 auf 12,0 und steigt wieder auf 15,2 und bei Fichte steigt es von 25,7 auf 30,3, um dann wieder auf 28,6 Mio. Efm zu fallen.

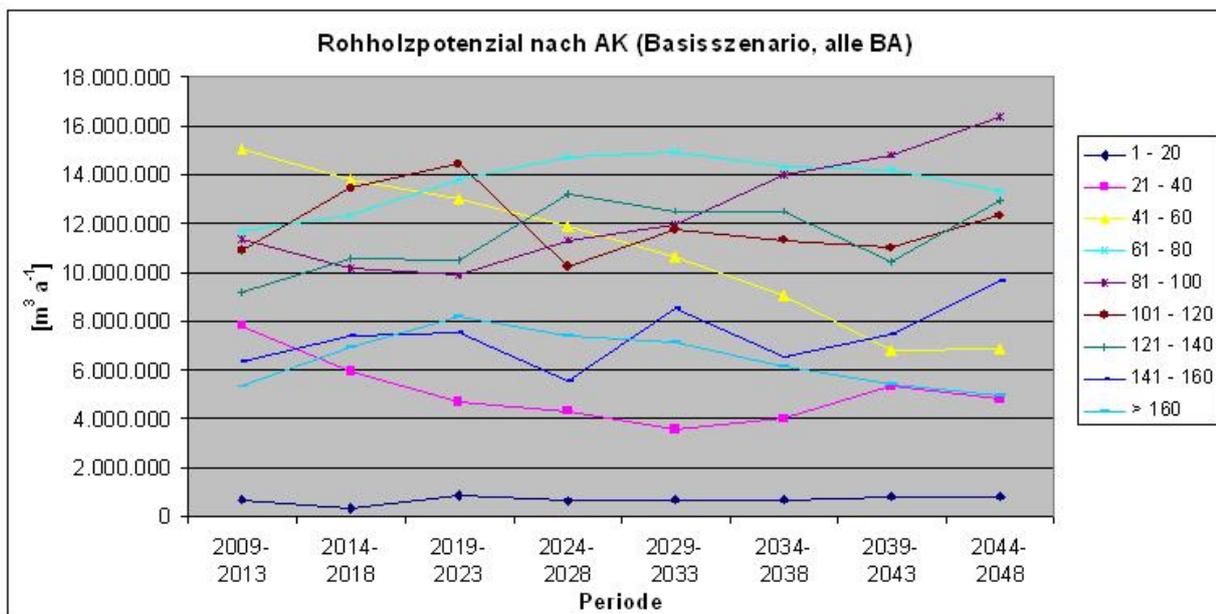


Abbildung 41: Rohholzpotenzial (Efm) nach Altersklassen (alle Baumarten)

Die wichtigsten Ergebnisse zur Waldentwicklung sind in Tabelle 35 zusammengefasst.

Tabelle 35: Vergleich der absoluten Rohholzpotenziale, Vorräte und Zuwächse über den Betrachtungszeitraum (2008 – 2048)

Betrachtungszeitraum	Rohholzpotenzial	Vorrat		Zuwachs	
	[Mio. Efm/Jahr]	[Mio. Vfm/Jahr]	[Vfm/ha]	[Mio. Vfm/Jahr]	[Vfm/ha*Jahr]
Anfang	78,3	3.322,9	326,8	104,0	10,1
Ende	82,0	3.253,3	320,0	96,5	9,4
Durchschnitt	79,9	3.306,7	325,2	99,0	9,6

5.2.4 Kohlenstoffspeicherung

Die Vorratsänderungen schlagen sich in Änderungen der Kohlenstoffspeicherung des Waldes nieder (Abbildung 42). Die Gesamtmenge des oberirdisch gespeicherten Kohlenstoffs geht über die betrachteten 40 Jahre um ca. 19,1 Mio. Tonnen zurück, was einer jährlichen Emission von 1,75 Mio. t CO₂ entspricht.

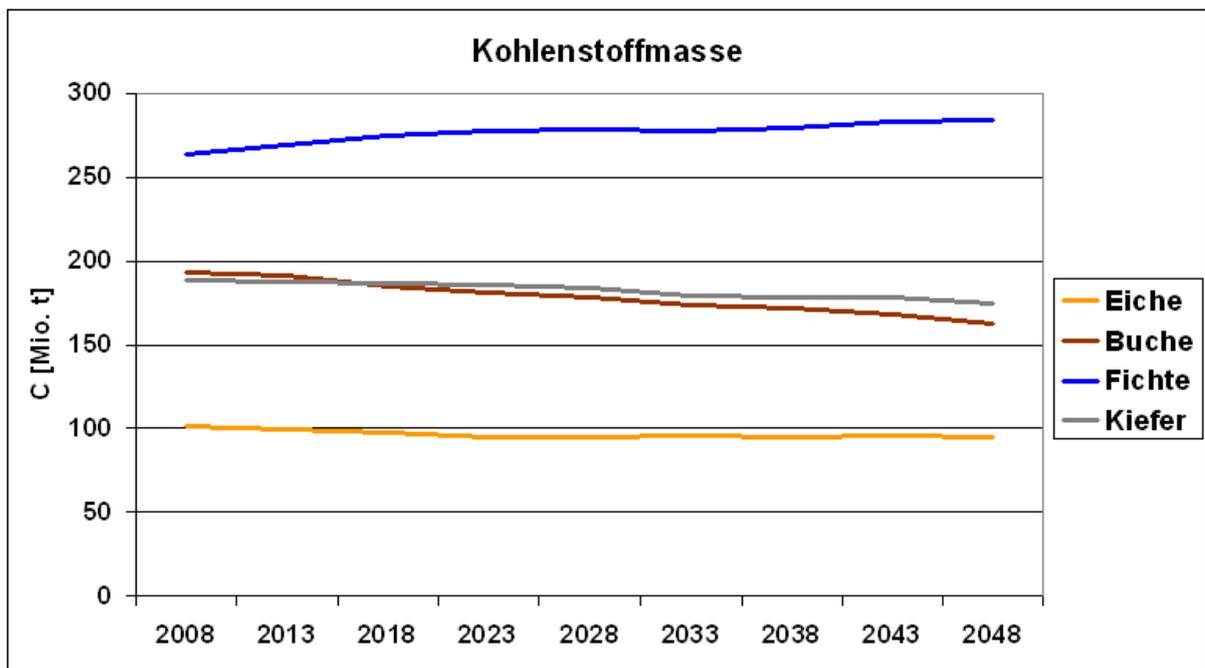


Abbildung 42: Veränderung der Kohlenstoffspeicherung (oberirdisch, Mio. tC) im deutschen Wald

Hinsichtlich der Kohlenstoffspeicherung pro Hektar weisen die Laubbäume gegenüber der Fichte derzeit höhere Werte auf. Im Modell kehrt sich dies in den nächsten Jahrzehnten um (Abbildung 43). Vor dem Hintergrund der höheren Risiken der Fichte und des möglichen Klimawandels ist dieser Trend jedoch zu hinterfragen.

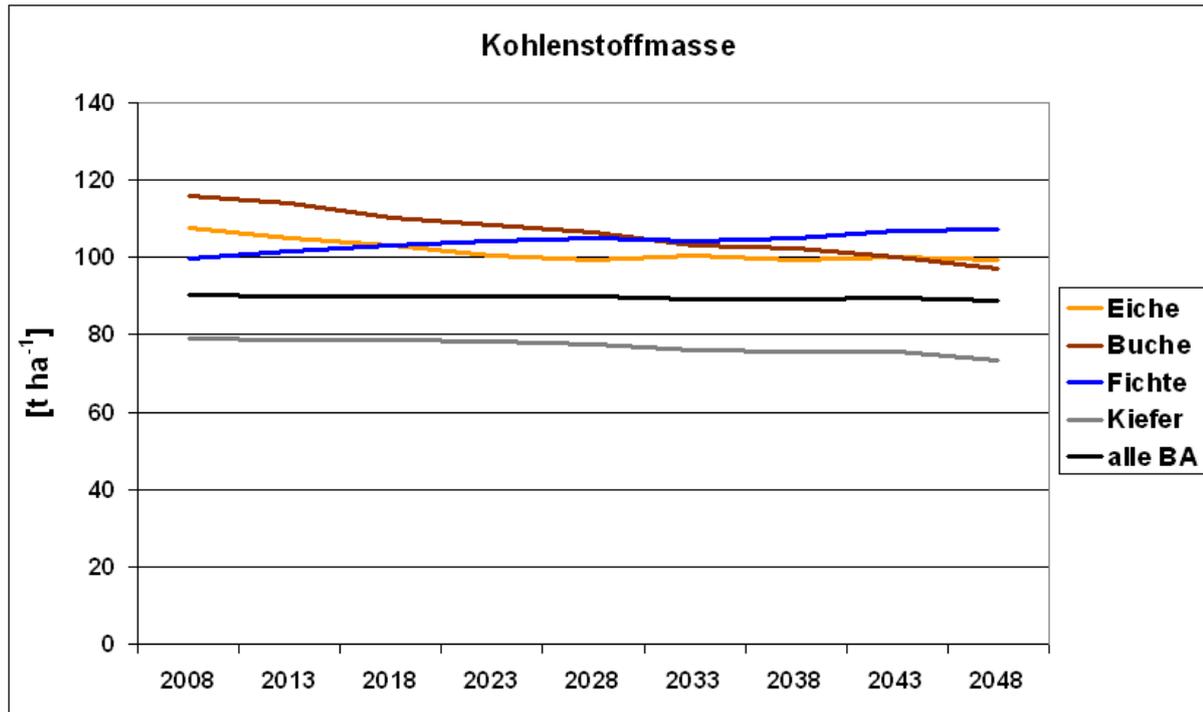


Abbildung 43: Durchschnittliche oberirdische Kohlenstoffspeicherung pro Hektar (tC)

5.3 Unterschiede zu den Projektionen auf Basis der BWI 2

Da für die Projektionen ausgehend von der IS08 die gleichen Steuergrößen verwendet wurden wie bereits für Projektionen auf Basis der BWI 2 (Dunger et al., 2005) lassen sich die beiden Ergebnisse vergleichen. Unterschiede sind überwiegend durch die in den zurückliegenden Jahren (seit der Datenaufnahme der BWI 2) getätigte Bewirtschaftung verursacht. Die jeweiligen Perioden sind nicht deckungsgleich sondern um ein Jahr verschoben, was auf die Gesamtergebnisse jedoch keine Auswirkungen hat. Im Vergleich zu den bekannten Projektionen ergibt sich auf der Basis der neuen Daten ein anfänglich höherer, später jedoch niedrigerer durchschnittlicher Hektarvorrat (Abbildung 44). Insbesondere bei der Eiche sind höhere Vorräte zu erwarten, bei der Fichte niedrigere. Die Zuwächse sind nur bei Eiche und anfänglich bei Kiefer nach den neuen Ergebnissen höher als in den älteren Untersuchungen. Bei der Buche und fast über den gesamten Zeitraum bei Kiefer und Fichte ist mit geringeren als den früher geschätzten Zuwächsen zu rechnen (Abbildung 45).

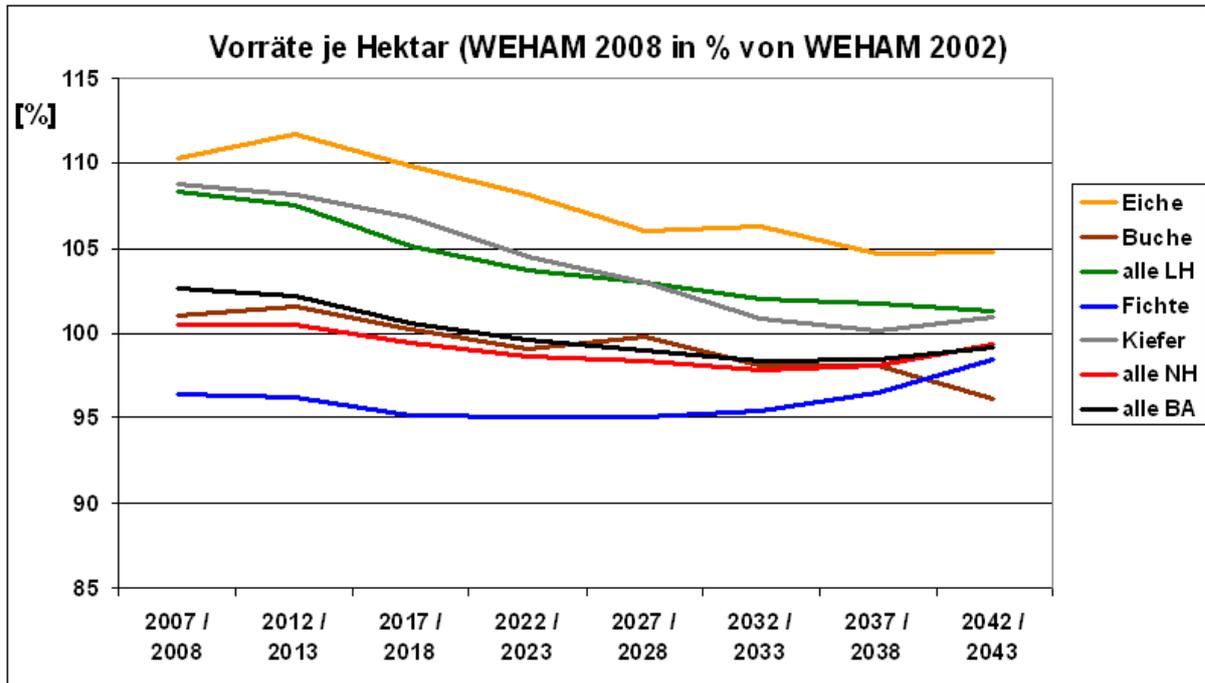


Abbildung 44: Vergleich der durchschnittlichen Vorräte je Hektar (WEHAM 2008 zu WEHAM 2002)

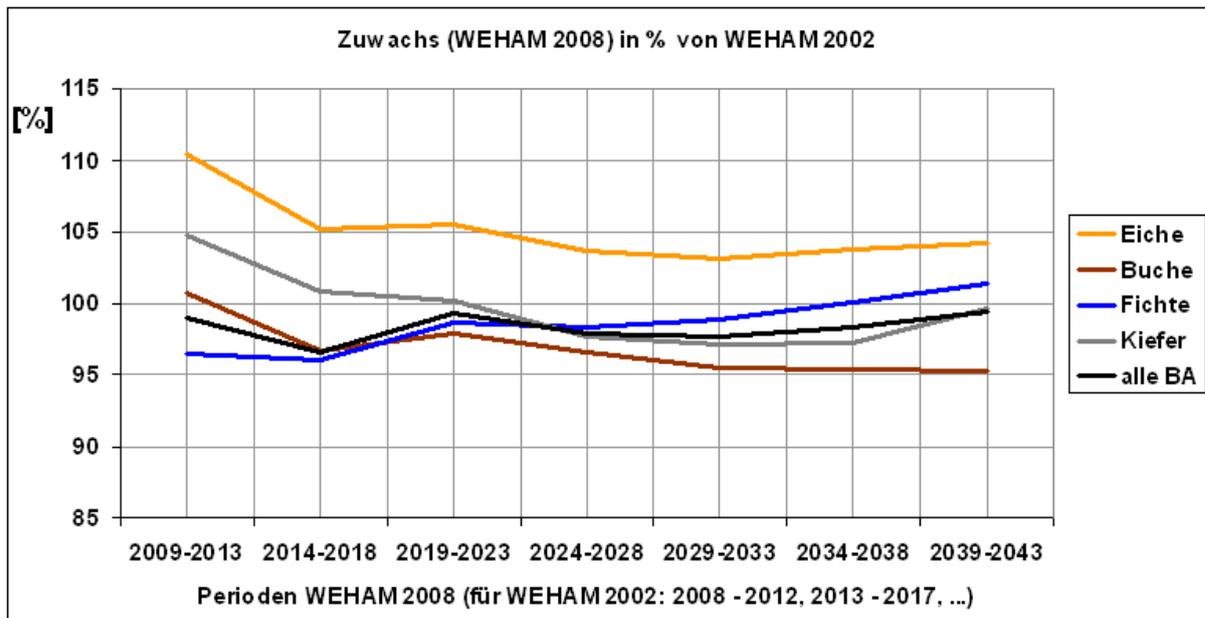


Abbildung 45: Zuwachs pro Hektar (Vfm, WEHAM 2008 in Prozent der Ergebnisse von WEHAM 2002 für jeweils die gleiche Periode, 1 Jahr Zeitversatz)

Am Ende des vergleichbaren Zeitraumes liegt das Potenzial über alle Baumarten insgesamt 6 % unter den früheren Erwartungen (Abbildung 46). Bei der Eiche geht es leicht zurück, jedoch nicht so stark wie bei WEHAM 2002. Bei der Buche steigt das Potenzial anders als in der älteren Projektion noch an, während es bei der Kiefer anfänglich über den alten Erwartungen liegt und dann leicht zurückgeht. Bei der Fichte ist das Potenzial in den neuen Projektionen von Anfang an niedriger als in den alten. Teilweise liegt es fast 20 % unter den früheren Erwartungen.

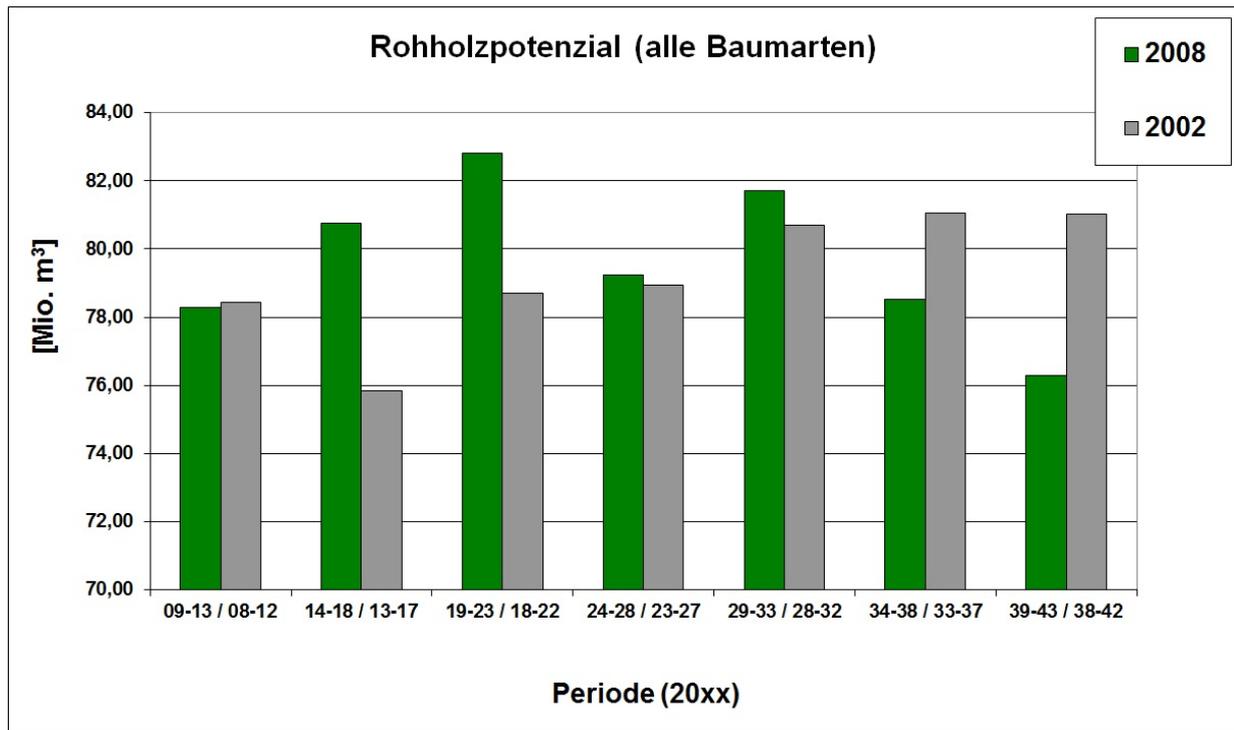


Abbildung 46: Vergleich der absoluten Rohholzpotenziale der Projektionen auf Basis der BWI 2 (2002) und der IS08 (2008, alle Baumarten, Angaben in Efm)

6 LITERATURVERZEICHNIS

- AG Boden (1994) Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. Auflage. Hannover: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 392 S
- Baritz R, Seufert G, Montanarella L, Van Ranst E (2010) Carbon concentrations and stocks in forest soils of Europe. *Forest Ecology and Management* 260: 262-277
- BLE (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung) (2009) Waldbrandstatistik der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 2008, Bonn: 19 S, <<http://www.fire.uni-freiburg.de/inventory/stat/de/2008/Waldbrandstatistik-Deutschland-2008.pdf>> [zitiert am 30.03.2010]
- BMELF, Hrsg. (1994) Die Wälder in den neuen Bundesländern. Eine Auswertung vorhandener Daten nach dem Muster der Bundeswaldinventur, Bonn: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 40 S
- BMVEL, Hrsg. (2001) Aufnahmeanweisung für die Bundeswaldinventur II (2001-2002), 2. korrigierte, überarbeitete Ausgabe, Mai 2001, Bonn: Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, 108 S
- BMELV, Hrsg. (2005a) Die zweite Bundeswaldinventur – BWI 2: Der Inventurbericht. Bonn: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 231 S
- BMELV, Hrsg. (2005b) Das potenzielle Rohholzaufkommen 2003 bis 2042: Tabellen und Methode. Bonn: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 91 S
- BMELV, Hrsg. (2005c) Das potenzielle Rohholzaufkommen 2003 bis 2042: Modell und Ergebnisse. Bonn: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 99 S
- BMELV, Hrsg. (2010) Aufnahmeanweisung für die Inventurstudie 2008 im Rahmen der Treibhausgasberichterstattung. 2. korrigierte, überarbeitete Aufl., Bonn: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 60 S
- Bolte A, Polley H (2010) Der Wald in Zahlen. In: Depenheuer O, Möhring B (eds) *Waldeigentum: Dimensionen und Perspektiven*. Berlin Heidelberg: Springer, 57-69, ISBN 978-642-00231-1
- Bosshard HH (1984) *Holzkunde*. Bd. 2, 2. Aufl., Stuttgart: Birkhäuser Verlag, 312 S, ISBN 3-7643-1377-3
- Burschel P, Kürsten E, Larson, BC (1993) Die Rolle von Wald und Forstwirtschaft im Kohlenstoffhaushalt - eine Betrachtung für die Bundesrepublik Deutschland. Freising: Forstliche Forschungsberichte München, Forstwissenschaftliche Fakultät d. Universität München u. Bayrische Landesanstalt f. Wald u. Forstwirtschaft, 135 S
- De Vries W, Reinds GJ, Gunderson P, Sterba H (2006) The impact of nitrogen deposition on carbon sequestration in European Forests and forest soils. *Global Change Biology* 12: 1151-1173
- Dieter M, Elsasser P (2002) Carbon stocks and carbon stock changes in the tree biomass of Germany's forests. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 121:195-210
- Dunger K, Bösch B, Polley H (2005) Das potentielle Rohholzaufkommen 2002 bis 2022 in Deutschland. *AFZ / Der Wald* 3, 114-116
- Dunger K, Stümer W, Oehmichen K, Riedel T, Bolte A (2009a) Die Inventurstudie 2008. Ergebnisse einer Kohlenstoffinventur auf Bundeswaldinventur-Basis. Der Kohlenstoffspeicher Wald und seine Entwicklung. *Allg Forst Z Waldwirtsch Umweltvorsorge* 64: 1072-1073

- Dunger K, Rock J (2009b) Die Inventurstudie 2008. Die Inventurstudie 2008. Ergebnisse einer Kohlenstoffinventur auf Bundeswaldinventur-Basis. Projektionen zum potenziellen Rohholzaufkommen. Allg Forst Z Waldwirtsch Umweltvorsorge 64: 1079-1081
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (1990) Soil Map of the World. Revised Legend. Reprinted with corrections. Rome: FAO, World Soil Resources Report 60
- Fraver S, Wagner RG, Day M (2002) Dynamics of coarse woody debris following gap harvesting in the Acadian forest of central Main, U.S.A. Can J For Res, 32, 2094-2105
- Grundner und Schwappach (1952) Massentafeln zur Bestimmung des Holzgehaltes stehender Waldbäume und Waldbestände. 10. Aufl., Berlin, Hamburg: Paul Parey, 216 S
- GSE (2003) Service 'Forest Monitoring Inputs for Greenhouse Gas (GHG) Reporting'. Service Results 2003, Reporting Area: Main parts of the Federal State "Saxony", Issue 1.0, 50 p
- GSE (2006) S6 Service Operations Report. Forest Monitoring Inputs for National Greenhouse Gas (GHG) Reporting. Service to BMELV. GSEFM-T2-S6-Ph1. Issue 1.0, 125 p
- GSE (2007) S6 Service Operations Report. Forest Monitoring Inputs for National Greenhouse Gas (GHG) Reporting. Service to BMELV. GSEFM-T3-S6-Ph2. Issue 2.1, 93 p
- GSE (2009) S6 Service Operations Report. Forest Monitoring Inputs for National Greenhouse Gas (GHG) Reporting. Service to BMELV. GSEFM-T3-S6-Ph3. Issue1.0, 211 p
- Hakkila P (1972) Utilization of residual forest biomass. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 568 p
- Hradetzky J, Polley H, Zezschwitz C (1996) Bundeswaldinventur II / Zeitaufwand und Kosten. Allg Forst Z Waldwirtsch Umweltvorsorge 15: 835-837
- IPCC (2000) Intergovernmental Panel on Climate Change: Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Penman J, Kruger D, Galbally I, Hiraishi T, Nyenzi B, Emmanuel S, Buendia L, Hoppaus R, Martinsen T, Meijer J, Miwa K, Tanabe K (eds). IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan. <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/index.html>> [zitiert am 23.02.2010]
- IPCC (2003) Intergovernmental Panel on Climate Change: Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Penman J, Gytarsky M, Hiraishi T, Krug T, Kruger D, Pipatti R, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K, Wagner F (Eds.). IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan. 307 p, <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/landuse/gp/landuse.html>> [zitiert am 23.02.2010], ISBN 4-88788-003-0
- IPCC (2006) Intergovernmental Panel on Climate Change: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>> [zitiert am 11.03.2010]
- Knigge W, Schulz H (1966) Grundriss der Forstbenutzung. Hamburg und Berlin: Paul Parey Verlag, 584 S
- Kollmann F (1982) Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Bd. 1, Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1050 S
- König HC (2007) Waldbrandschutz - Kompendium für Forst und Feuerwehr. Berlin: 1. Fachverlag Matthias Grimm, 197 S

- König N, Blum U, Symosseck F, Bussian B, Ellinghaus R, Furtmann K, Gärtner A, Gutwasser F, Hauenstein M, Kiesling G, Klingenberg U, Klinger T, Möller A, Nack T, Reichelt L, Schimming C, Stahn M, Trefz-Malcher G, Utermann J (2005) Handbuch Forstliche Analytik. Bonn: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 510 S
- Liski J (1995) Variation in soil organic carbon and thickness of soil horizons within a boreal forest stand - effect of trees and implications for sampling. *Silva Fennica* 29: 255–266
- Liski J, Perruchoud D, Karjalainen T (2002) Increasing carbon stocks in the forest soils of Western Europe. *Forest Ecology and Management* 169: 159-175
- Mrosek T, Kies U, Schulte A (2005) Clusterstudie Forst und Holz 2005. *Holz-Zentralblatt* 84: 1113-1117
- Müller-Using S, Bartsch N (2009) Decay dynamic of coarse and fine woody debris of a beech (*Fagus sylvatica* L.) forest in Central Germany. *Eur J Forest Res*, 128: 287-296
- Nabuurs GJ, Schelhaas MJ (2002) Carbon profiles of typical forest types across Europe assessed with CO2FIX. *Ecological Indicators* 1: 213-223
- Paul C, Weber M, Mosandl R (2009) Kohlenstoffbindung junger Aufforstungsflächen. München: Karl Gayer Institut & Technische Universität München, Lehrstuhl für Waldbau, 70 S (unveröffentlicht)
- Pistorius T, Zell J, Hartebrodt C (2006) Untersuchungen zur Rolle des Waldes und der Forstwirtschaft im Kohlenstoffhaushalt des Landes Baden-Württemberg; Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Institut für Forstökonomie, Technischer Bericht; 224 S
- Polley H, Hennig P, Kroiher F (2009a) Die Inventurstudie 2008. Ergebnisse einer Kohlenstoffinventur auf Bundeswaldinventur-Basis. Baumarten, Altersstruktur und Totholz in Deutschland. *Allg Forst Z Waldwirtsch Umweltvorsorge* 64: 1074-1075
- Polley H, Hennig P, Schwitzgebel F (2009b) Die Inventurstudie 2008. Ergebnisse einer Kohlenstoffinventur auf Bundeswaldinventur-Basis. Holzvorrat, Holzzuwachs, Holznutzung in Deutschland. *Allg Forst Z Waldwirtsch Umweltvorsorge* 64: 1076-1078
- Prietzl J, Stetter U, Klemmt H-J, Rehfuss KE (2006) Recent carbon and nitrogen accumulation and acidification in soils of two Scots pine ecosystems in Southern Germany. *Plant and Soil* 289: 153-170
- Sachs L (2004) *Angewandte Statistik: Anwendung statistischer Methoden*. 11. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 889 S
- Schmitz F, Polley H, Hennig P, Dunger K, Schwitzgebel F (2008) Die zweite Bundeswaldinventur - BWI 2: Inventur- und Auswertungsmethoden zu den Bundeswaldinventuren 2001 bis 2002 und 1986 bis 1988. Hamburg: vTI, Institut für Waldökologie und Waldinventuren, Arbeitsbericht 2008/1, 85 S
- Schöning I, Totsche KU, Kogel-Knabner I (2006) Small scale spatial variability of organic carbon stocks in litter and solum of a forested Luvisol. *Geoderma* 136: 631-642
- Schulze E-D, Högberg P, Van Oene H, Persson T, Harrison AF, Read DJ, Kjöllner A, Matteucci G (2000) Interactions between the carbon and nitrogen cycle and the role of biodiversity. *Ecological Studies* 142: 468-492
- Schwitzgebel F, Dunger K, Polley H (2009) Die Inventurstudie 2008. Ergebnisse einer Kohlenstoffinventur auf Bundeswaldinventur-Basis. Hintergrund, Methodik und Durchführung der Studie. *Allg Forst Z Waldwirtsch Umweltvorsorge* 64: 1070-1071

- Six J, Conant RT, Paul EA, Paustian K (2002) Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant and Soil* 241: 155-176
- UBA (2008) Qualitätssystem Emissionsinventare. Handbuch zur Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung bei der Erstellung von Emissionsinventaren und der Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen sowie der EU-Entscheidung 280/2004/EG, Dessau. Stand 04.01.2008 (unveröffentlicht), 117 S
- UBA (2010) Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2010. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990-2008. Dessau: Umweltbundesamt, 675 S
- UNECE (2006) Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, part IIIa: sampling and analysis of soil, (Annex). United Nations Economic Commission for Europe – Programme Coordinating Centre. Hamburg, 24p
- UNFCCC (1998) Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, United Nations 1998. 20 p, <<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>> [last accessed 10.03.2010]
- UNFCCC (2003) Review of the implementation of commitments and of other provisions of the convention, national communications: greenhouse gas inventories from parties included in Annex I to the convention, UNFCCC guidelines on reporting and review (FCCC/CP/2002/8-28.03.2003) <<http://unfccc.int/resource/docs/cop8/08.pdf>> 92p, [last accessed 28.03.2010]
- Volz HA, Schobel S, Wellbrock N, Hilbrig L (2008) Qualitätsmanagement bei der Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II) auf Bundesebene. Berlin: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 28 S
- Weisberg S (2005) Applied Linear Regression. 3. Auflage. Hoboken: Wiley Interscience, 310p
- Weiss P, Schieler K, Schadauer K, Radunsky K, Englisch M (2000) Die Kohlenstoffbilanz des Österreichischen Waldes und Betrachtungen zum Kyoto-Protokoll. Wien: Umweltbundesamt GmbH, 94 S
- Wellbrock N, Aydin CT, Block J, Bussian B, Deckert M, Diekmann O, Evers J, Fetzer KD, Gauer J, Gehrman J, Kölling C, König N, Liesebach M, Martin J, Meiwes KJ, Milbert G, Raben G, Riek W, Schäffer W, Schwerhoff J, Ullrich T, Utermann J, Volz HA, Weigel A, Wolff B (2006) Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II) Arbeitsanleitung für die Außenaufnahmen. Berlin: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 413 S
- Wirth C, Schulze ED, Schwalbe G, Tomczyk S, Weber G, Weller E (2004) Dynamik der Kohlenstoffvorräte in den Wäldern Thüringens. Abschlußbericht, Jena: Thüringer Landesanstalt für Wald, Jagd und Fischerei, 308 S
- Wolff B, Riek W (1996) Deutscher Waldbodenbericht 1996 - Ergebnisse der bundesweiten Bodenzustandserhebung in Wald (BZE) 1987 - 1993. Bonn: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Bd. 1 u. 2, 144 S

Anhang A

Ergebnisse der Inventurstudie 2008

Tabelle A 1: Waldfläche [ha] und Stichprobenfehler nach Baumartengruppe und Altersklasse

	1 - 20 Jahre	21 - 40 Jahre	41 - 60 Jahre	61 - 80 Jahre	81 - 100 Jahre	101 - 120 Jahre	121 - 140 Jahre	141 - 160 Jahre	> 160 Jahre	Blöße, Lücke	alle Altersklassen
Eiche ±	54.692 14,8%	63.711 15,8%	129.320 11,6%	132.886 11,5%	108.305 10,4%	122.406 10,1%	115.998 11,6%	130.658 10,8%	92.631 12,4%		950.607 4,4%
Buche ±	162.780 9,9%	89.999 11,8%	157.038 9,4%	238.058 8,5%	239.245 8,2%	271.372 8,5%	215.256 9,7%	168.752 11,8%	134.293 11,6%		1.676.795 3,8%
ALH ±	144.694 9,7%	109.303 10,9%	138.915 10,0%	135.439 10,2%	71.101 11,5%	48.588 14,9%	21.272 18,8%	15.676 22,6%	6.351 41,8%		691.339 4,9%
ALN ±	251.595 8,0%	220.076 8,4%	278.454 7,3%	153.724 9,8%	58.310 13,3%	18.168 30,4%	2.062 48,7%	1.344 71,0%	572 71,3%		984.305 4,2%
alle Laubbäume ±	613.760 5,6%	483.089 6,1%	703.727 5,0%	660.108 5,4%	476.961 5,8%	460.534 6,7%	354.588 7,9%	316.430 8,6%	233.848 9,3%		4.303.046 2,5%
Fichte ±	329.838 7,5%	476.404 6,5%	638.152 5,6%	394.166 6,8%	375.720 7,2%	267.638 8,3%	102.834 10,7%	52.942 16,8%	46.148 23,7%		2.683.841 3,2%
Tanne ±	28.285 20,5%	13.790 30,3%	16.950 24,3%	16.545 21,4%	28.307 19,2%	24.448 18,7%	22.683 18,8%	12.669 23,0%	9.525 30,1%		173.203 9,8%
Douglasie ±	43.463 19,6%	89.574 15,0%	60.181 17,8%	16.196 28,8%	2.450 35,6%	3.128 56,2%					214.991 9,5%
Kiefer ±	107.228 13,6%	327.617 8,6%	628.149 6,7%	381.823 7,9%	350.316 7,6%	373.619 8,2%	154.863 11,0%	63.202 14,5%	27.256 23,6%		2.414.074 3,7%
Lärche ±	10.255 31,2%	54.968 16,2%	113.980 11,5%	51.046 15,5%	25.364 21,4%	13.838 24,7%	4.777 39,2%	2.290 43,9%	2.550 43,3%		279.067 7,3%
alle Nadelbäume ±	519.068 6,1%	962.353 4,9%	1.457.412 4,2%	859.776 5,1%	782.157 5,2%	682.671 6,0%	285.157 7,8%	131.103 10,6%	85.478 15,9%		5.765.176 2,3%
alle Baumarten ±	1.132.829 4,6%	1.445.442 4,0%	2.161.139 3,4%	1.519.884 3,9%	1.259.118 4,1%	1.143.206 4,7%	639.745 5,8%	447.533 7,0%	319.326 8,4%	242.355 9,4%	10.310.577 1,8%

ALH: andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer (Hainbuche, Esche, Ahorn, Linde, Kirsche, Ulme, Robinie, Kastanie, Elsbeere)

ALN: andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer (Birke, Erle, Pappel, Weide, Vogelbeere, sonstige Laubbäume)

Hinweis: Erstaufforstungen nach der zweiten Bundeswaldinventur (2002) sind nicht enthalten.

Tabelle A 2: Veränderung der Waldfläche [ha] nach Baumartengruppe und Altersklasse

	1 - 20 Jahre	21 - 40 Jahre	41 - 60 Jahre	61 - 80 Jahre	81 - 100 Jahre	101 - 120 Jahre	121 - 140 Jahre	141 - 160 Jahre	> 160 Jahre	Blöße, Lücke	alle Altersklassen
Eiche	-7.203	-14.026	-9.029	33.940	-12.712	-3.415	-3.595	37.480	21.055		42.494
Buche	21.727	-6.430	-10.471	8.535	-1.488	-11.244	15.504	11.905	55.109		83.146
ALH	10.454	-21.093	2.161	27.100	16.255	10.072	7.617	5.686	1.673		59.925
ALN	-14.287	-34.972	-10.609	56.547	21.212	5.267	1.730	157	-418		24.626
alle Laubbäume	10.691	-76.522	-27.948	126.122	23.267	679	21.256	55.228	77.419		210.191
Fichte	-35.535	-134.807	61.482	-57.684	-108.264	38.245	9.062	11.873	5.073		-210.555
Tanne	9.222	1.939	1.233	-2.702	7.865	-6.817	5.768	2.653	3.243		22.404
Douglasie	3.710	-16.661	30.510	7.620	-243	2.548	0	-127	0		27.357
Kiefer	-92.360	-61.686	37.805	-25.381	-58.647	70.538	43.954	22.753	10.940		-52.082
Lärche	-14.117	-22.045	8.054	5.593	8.049	5.021	492	193	2.197		-6.563
alle Nadelbäume	-129.080	-233.259	139.084	-72.554	-151.240	109.535	59.277	37.344	21.453		-219.439
alle Baumarten	-118.389	-309.781	111.136	53.568	-127.973	110.215	80.533	92.572	98.872	9.248	0

ALH: andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer (Hainbuche, Esche, Ahorn, Linde, Kirsche, Ulme, Robinie, Kastanie, Elsbeere)

ALN: andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer (Birke, Erle, Pappel, Weide, Vogelbeere, sonstige Laubbäume)

Hinweis: Erstaufforstungen nach der zweiten Bundeswaldinventur (2002) sind nicht enthalten (Schnittfläche Holzboden beider Inventuren).

Tabelle A 3: Vorrat [m³/ha] und Stichprobenfehler nach Eigentumsart und Brusthöhendurchmesser

	7,0 bis 9,9 cm	10,0 bis 19,9 cm	20,0 bis 29,9 cm	30,0 bis 39,9 cm	40,0 bis 49,9 cm	50,0 bis 59,9 cm	60,0 bis 69,9 cm	70,0 bis 79,9 cm	80,0 bis 89,9 cm	ab 90 cm	alle BHD- Stufen
Bund ±	3 20,9%	34 11,6%	65 10,8%	73 10,7%	35 12,9%	21 23,0%	6 33,2%	5 35,1%	1 50,0%	1 51,4%	245 6,3%
Land ±	2 7,6%	32 4,5%	63 3,5%	79 3,1%	69 3,7%	40 4,7%	20 6,5%	8 10,4%	3 14,9%	1 21,7%	316 1,8%
Körperschaft ±	2 9,8%	31 5,4%	66 4,1%	85 3,8%	71 4,6%	44 5,7%	18 8,7%	7 12,6%	3 20,1%	4 20,5%	331 2,1%
Privat / Treuhand ±	3 6,1%	37 3,3%	79 2,5%	94 2,5%	66 3,3%	35 4,5%	17 6,1%	8 7,9%	3 12,9%	3 13,4%	345 1,5%
alle ±	3 4,2%	34 2,3%	71 1,8%	87 1,7%	67 2,2%	38 2,8%	18 4,0%	8 5,6%	3 8,8%	3 10,0%	330 1,0%

Hinweis: Der Vorrat ist auf die Fläche der jeweiligen Eigentumsart bezogen. In der Bezugsfläche sind auch Blößen und Bestandeslücken enthalten. Die Eigentumsart bezieht sich auf das Jahr 2002.

Tabelle A 4: Index des Vorrates (2002 = 100%) nach Eigentumsart und Brusthöhendurchmesser

	7,0 bis 9,9 cm	10,0 bis 19,9 cm	20,0 bis 29,9 cm	30,0 bis 39,9 cm	40,0 bis 49,9 cm	50,0 bis 59,9 cm	60,0 bis 69,9 cm	70,0 bis 79,9 cm	80,0 bis 89,9 cm	ab 90 cm	alle BHD- Stufen
Bund	61%	94%	96%	111%	127%	148%	115%	135%	131%	138%	108%
Land	72%	91%	91%	100%	110%	106%	120%	131%	124%	145%	101%
Körperschaft	74%	89%	95%	100%	111%	119%	129%	122%	99%	173%	104%
Privat / Treuhand	67%	88%	95%	105%	108%	114%	114%	135%	119%	133%	102%
alle	69%	89%	94%	103%	109%	113%	119%	131%	116%	145%	102%

Tabelle A 5: Vorrat [1000 m³] und Stichprobenfehler nach Baumartengruppe und Altersklasse

	1 - 20 Jahre	21 - 40 Jahre	41 - 60 Jahre	61 - 80 Jahre	81 - 100 Jahre	101 - 120 Jahre	121 - 140 Jahre	141 - 160 Jahre	> 160 Jahre	alle Altersklassen
Eiche ±	1.602 25,9%	11.863 17,2%	34.227 11,6%	36.367 11,6%	37.403 11,6%	44.680 10,5%	44.168 11,7%	53.299 10,9%	40.553 12,4%	304.162 4,6%
Buche ±	2.008 17,3%	18.533 10,6%	47.742 8,7%	83.735 8,7%	103.342 8,4%	124.384 8,6%	98.292 9,7%	73.315 11,3%	58.886 11,3%	610.236 4,1%
ALH ±	4.384 17,4%	21.974 11,6%	39.738 10,0%	49.635 11,2%	27.740 11,6%	20.479 15,1%	8.481 19,8%	6.208 21,9%	1.994 38,9%	180.633 5,6%
ALN ±	6.891 15,2%	36.346 9,1%	71.729 8,6%	45.336 11,1%	17.796 16,1%	8.644 36,0%	854 41,8%	337 64,7%	276 61,7%	188.210 5,5%
alle Laubbäume ±	14.885 10,2%	88.716 6,5%	193.436 5,3%	215.072 5,8%	186.281 6,3%	198.187 6,9%	151.796 8,1%	133.159 8,5%	101.709 9,1%	1.283.241 2,9%
Fichte ±	12.069 13,2%	136.273 6,9%	283.905 5,9%	204.182 7,2%	205.180 7,6%	147.625 9,1%	62.729 11,3%	30.469 16,8%	24.583 23,4%	1.107.015 3,5%
Tanne ±	596 32,0%	3.857 34,2%	6.472 27,3%	9.162 23,7%	14.344 18,3%	16.078 18,5%	15.574 19,2%	8.762 24,2%	5.468 27,4%	80.313 11,0%
Douglasie ±	4.421 25,3%	28.803 17,0%	28.981 19,0%	7.438 27,7%	1.592 33,1%	1.884 55,9%				73.119 10,9%
Kiefer ±	6.700 18,1%	69.135 9,0%	185.344 6,9%	132.532 8,1%	132.781 7,9%	138.300 8,6%	58.343 10,8%	29.169 14,4%	11.354 23,9%	763.658 3,9%
Lärche ±	1.113 31,6%	15.104 18,6%	41.632 12,1%	18.293 16,2%	10.969 23,1%	6.408 24,3%	3.055 39,9%	1.155 44,0%	754 40,4%	98.482 7,7%
alle Nadelbäume ±	24.898 9,6%	253.173 5,4%	546.334 4,3%	371.606 5,3%	364.866 5,6%	310.295 6,3%	139.700 8,0%	69.555 10,8%	42.159 16,3%	2.122.587 2,6%
alle Baumarten ±	39.783 7,6%	341.889 4,5%	739.770 3,7%	586.679 4,2%	551.147 4,5%	508.482 4,9%	291.496 5,9%	202.714 6,9%	143.868 8,4%	3.405.828 2,0%

ALH: andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer (Hainbuche, Esche, Ahorn, Linde, Kirsche, Ulme, Robinie, Kastanie, Elsbeere)

ALN: andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer (Birke, Erle, Pappel, Weide, Vogelbeere, sonstige Laubbäume)

Tabelle A 6: Vorrat [1000 m³] und Stichprobenfehler nach Baumartengruppe und Brusthöhendurchmesser

	7,0 bis 9,9 cm	10,0 bis 19,9 cm	20,0 bis 29,9 cm	30,0 bis 39,9 cm	40,0 bis 49,9 cm	50,0 bis 59,9 cm	60,0 bis 69,9 cm	70,0 bis 79,9 cm	80,0 bis 89,9 cm	ab 90 cm	alle BHD- Stufen
Eiche ±	1.642 15,5%	20.089 10,1%	46.292 7,7%	59.405 6,7%	55.289 6,9%	51.070 7,4%	33.920 8,6%	18.483 10,5%	9.202 13,9%	8.770 16,1%	304.162 4,6%
Buche ±	4.376 9,7%	47.263 6,0%	85.728 5,5%	124.245 5,2%	131.223 5,6%	106.732 6,0%	61.760 7,2%	28.884 9,6%	11.037 14,0%	8.988 16,3%	610.236 4,1%
ALH ±	2.728 11,7%	30.221 7,7%	47.329 6,7%	41.630 8,3%	26.933 9,3%	18.016 11,2%	7.386 17,6%	3.096 25,2%	1.698 29,4%	1.597 36,7%	180.633 5,6%
ALN ±	3.539 10,3%	36.885 6,5%	51.042 6,4%	43.788 7,8%	26.971 11,5%	11.702 13,4%	5.631 19,3%	3.696 26,5%	1.709 43,2%	3.246 32,1%	188.210 5,5%
Fichte ±	6.814 8,8%	108.298 5,0%	242.385 4,4%	300.471 4,1%	249.701 4,8%	129.042 5,9%	48.278 8,1%	16.621 11,8%	4.093 26,0%	1.312 27,3%	1.107.015 3,5%
Tanne ±	534 27,6%	2.903 17,5%	7.406 15,9%	15.591 13,4%	20.139 12,9%	15.674 13,7%	10.471 15,2%	4.757 21,6%	1.874 30,3%	965 37,2%	80.313 11,0%
Douglasie ±	345 28,1%	8.154 16,3%	15.610 14,2%	22.494 14,2%	13.873 15,4%	7.603 19,1%	2.689 23,2%	1.092 42,5%	518 62,5%	741 77,1%	73.119 10,9%
Kiefer ±	5.965 10,5%	92.619 6,6%	216.613 5,0%	258.755 4,7%	141.812 5,6%	40.173 7,6%	6.545 16,0%	1.004 32,2%	79 100,0%	91 100,0%	763.658 3,9%
Lärche ±	289 40,9%	6.677 14,6%	19.884 13,1%	31.467 10,0%	22.243 11,1%	11.455 13,4%	4.578 19,6%	1.568 30,4%	132 100,0%	190 71,4%	98.482 7,7%
alle Baumarten ±	26.232 4,6%	353.110 2,9%	732.289 2,5%	897.846 2,5%	688.183 2,8%	391.465 3,3%	181.259 4,3%	79.202 5,8%	30.341 8,9%	25.900 10,1%	3.405.828 2,0%

ALH: andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer (Hainbuche, Esche, Ahorn, Linde, Kirsche, Ulme, Robinie, Kastanie, Eibe)

ALN: andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer (Birke, Erle, Pappel, Weide, Vogelbeere, sonstige Laubbäume)

Tabelle A 7: Veränderung des Vorrates [1000 m³] nach Baumartengruppe und Altersklasse

	1 - 20 Jahre	21 - 40 Jahre	41 - 60 Jahre	61 - 80 Jahre	81 - 100 Jahre	101 - 120 Jahre	121 - 140 Jahre	141 - 160 Jahre	> 160 Jahre	alle Altersklassen
Eiche	187	-2.804	1.255	8.069	-2.348	-976	-3.976	16.176	10.243	25.824
Buche	302	597	-5.485	-3.073	-127	3.041	-165	5.590	17.166	17.845
ALH	976	-2.955	-407	11.979	4.124	4.746	3.188	2.170	549	24.369
ALN	-622	-7.501	837	18.627	5.861	2.422	555	101	171	20.450
alle Laubbäume	844	-12.662	-3.800	35.601	7.509	9.232	-399	24.036	28.128	88.489
Fichte	-4.048	-40.454	36.990	-31.927	-78.715	19.401	4.678	6.352	3.552	-84.172
Tanne	485	369	678	-1.368	2.726	-4.991	2.592	1.943	1.145	3.578
Douglasie	1.685	-3.077	16.909	3.969	-657	1.552	0	-100	0	20.280
Kiefer	-5.818	-9.778	15.898	410	-12.714	31.804	11.731	12.320	3.272	47.124
Lärche	-1.351	-6.870	6.695	1.094	1.366	2.111	509	-144	565	3.973
alle Nadelbäume	-9.047	-59.810	77.170	-27.823	-87.995	49.876	19.509	20.371	8.533	-9.216
alle Baumarten	-8.203	-72.473	73.370	7.778	-80.486	59.109	19.110	44.407	36.661	79.273

ALH: andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer (Hainbuche, Esche, Ahorn, Linde, Kirsche, Ulme, Robinie, Kastanie, Elsbeere)

ALN: andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer (Birke, Erle, Pappel, Weide, Vogelbeere, sonstige Laubbäume)

Hinweis: Erstaufforstungen nach der zweiten Bundeswaldinventur (2002) sind nicht enthalten (Schnittfläche Holzboden beider Inventuren).

Tabelle A 8: Veränderung des Vorrates [1000 m³] nach Baumartengruppe und Brusthöhendurchmesser

	7,0 bis 9,9 cm	10,0 bis 19,9 cm	20,0 bis 29,9 cm	30,0 bis 39,9 cm	40,0 bis 49,9 cm	50,0 bis 59,9 cm	60,0 bis 69,9 cm	70,0 bis 79,9 cm	80,0 bis 89,9 cm	ab 90 cm	alle BHD- Stufen
Eiche	-655	-2.507	-453	4.142	5.132	4.873	6.974	2.602	2.257	3.460	25.824
Buche	117	-738	-5.468	-4.701	2.571	10.780	7.205	5.113	1.399	1.567	17.845
ALH	-383	1.156	5.093	4.850	3.897	6.226	1.948	1.149	-407	840	24.369
ALN	-1.296	583	1.183	6.659	6.978	2.240	995	1.805	-263	1.565	20.450
alle Laubbäume	-2.217	-1.506	356	10.950	18.578	24.119	17.123	10.669	2.987	7.432	88.489
Fichte	-4.002	-21.885	-37.372	-29.046	-3.158	-937	4.774	6.461	1.314	-321	-84.172
Tanne	82	-405	93	-193	862	595	2.417	-481	250	359	3.578
Douglasie	-423	31	-1.987	9.232	6.554	4.803	1.130	731	-225	433	20.280
Kiefer	-4.947	-17.689	-4.244	27.995	30.633	12.918	1.943	501	-77	91	47.124
Lärche	-61	-1.959	-6.595	3.095	4.770	2.783	988	994	-40	-3	3.973
alle Nadelbäume	-9.350	-41.906	-50.104	11.082	39.661	20.161	11.252	8.205	1.223	560	-9.216
alle Baumarten	-11.567	-43.412	-49.748	22.033	58.238	44.279	28.375	18.874	4.209	7.991	79.273

ALH: andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer (Hainbuche, Esche, Ahorn, Linde, Kirsche, Ulme, Robinie, Kastanie, Elsbeere)

ALN: andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer (Birke, Erle, Pappel, Weide, Vogelbeere, sonstige Laubbäume)

Hinweis: Erstaufforstungen nach der zweiten Bundeswaldinventur (2002) sind nicht enthalten (Schnittfläche Holzboden beider Inventuren).

Tabelle A 9: Vorrat [m³/ha] und Stichprobenfehler nach Baumartengruppe und Altersklasse

	1 - 20 Jahre	21 - 40 Jahre	41 - 60 Jahre	61 - 80 Jahre	81 - 100 Jahre	101 - 120 Jahre	121 - 140 Jahre	141 - 160 Jahre	> 160 Jahre	alle Altersklassen
Eiche ±	28 20,8%	163 10,1%	246 4,9%	267 5,2%	338 5,9%	351 4,6%	369 4,8%	391 4,5%	402 4,8%	305 2,3%
Buche ±	10 16,4%	161 6,9%	262 4,3%	332 3,3%	419 2,9%	441 3,1%	444 3,5%	409 4,0%	404 5,4%	343 1,9%
ALH ±	26 17,1%	174 7,5%	261 5,6%	350 5,9%	360 6,6%	398 5,8%	364 7,5%	364 10,0%	278 26,2%	241 3,6%
ALN ±	23 15,3%	147 5,7%	243 5,1%	276 5,4%	302 9,0%	476 11,6%	290 24,8%	251 58,5%	237 16,0%	178 3,9%
alle Laubbäume ±	21 10,1%	158 3,9%	251 2,7%	310 2,6%	378 2,6%	414 2,6%	413 2,9%	399 3,2%	399 3,9%	281 1,6%
Fichte ±	35 11,6%	275 3,3%	433 2,3%	507 2,7%	539 3,0%	538 3,8%	595 5,9%	572 8,1%	515 12,7%	402 1,7%
Tanne ±	17 29,6%	266 16,5%	349 15,3%	525 8,0%	496 8,8%	637 5,7%	653 8,8%	660 10,9%	514 14,0%	442 5,6%
Douglasie ±	96 18,6%	319 7,5%	482 5,9%	438 7,0%	587 15,5%	602 5,5%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	336 5,6%
Kiefer ±	62 12,7%	208 3,1%	293 2,4%	344 3,0%	373 3,1%	363 2,9%	366 5,3%	433 4,6%	388 8,1%	311 1,6%
Lärche ±	92 19,2%	271 8,3%	364 4,1%	354 6,3%	424 8,3%	411 10,7%	624 15,5%	433 17,2%	296 24,2%	346 3,1%
alle Nadelbäume ±	46 8,1%	256 2,4%	368 1,8%	424 2,2%	459 2,4%	444 2,6%	476 4,4%	511 4,7%	468 8,3%	360 1,2%
alle Baumarten ±	32 6,7%	223 2,3%	330 1,6%	375 1,8%	429 1,8%	432 1,9%	441 2,6%	432 2,8%	418 3,8%	318 1,1%

ALH: andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer (Hainbuche, Esche, Ahorn, Linde, Kirsche, Ulme, Robinie, Kastanie, Elsbeere)

ALN: andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer (Birke, Erle, Pappel, Weide, Vogelbeere, sonstige Laubbäume)

Hinweis: Der Vorrat ist auf die Fläche der jeweiligen Baumart und Altersklasse bezogen. In der Bezugsfläche für alle Altersklassen und Baumarten sind auch Blößen und Bestandeslücken enthalten. Vorrat im Nebenbestand (Ober- oder Unterstand) ist nicht enthalten. Vorrat für alle Baumarten, alle Altersklassen, alle Bestandesschichten = 330 m³/ha.

Tabelle A 10: Vorrat [m³/ha] und Stichprobenfehler nach Baumartengruppe und Brusthöhendurchmesser

	7,0 bis 9,9 cm	10,0 bis 19,9 cm	20,0 bis 29,9 cm	30,0 bis 39,9 cm	40,0 bis 49,9 cm	50,0 bis 59,9 cm	60,0 bis 69,9 cm	70,0 bis 79,9 cm	80,0 bis 89,9 cm	ab 90 cm	alle BHD- Stufen
Eiche ±	1 17,5%	18 10,3%	47 6,6%	62 5,4%	57 5,6%	51 6,5%	34 7,8%	17 10,9%	9 13,8%	8 17,0%	305 2,3%
Buche ±	2 12,2%	21 6,3%	48 4,8%	72 3,9%	76 4,0%	62 4,6%	35 6,4%	16 9,4%	5 14,8%	5 16,6%	343 1,9%
ALH ±	3 13,4%	35 7,4%	64 5,4%	58 7,2%	38 8,4%	26 10,4%	10 18,2%	4 27,1%	2 33,2%	2 39,1%	241 3,6%
ALN ±	3 11,5%	33 5,7%	50 5,2%	44 6,8%	27 10,6%	11 13,6%	5 20,3%	3 31,0%	2 44,9%	2 35,4%	178 3,9%
alle Laubbäume ±	2 7,1%	25 3,7%	51 2,9%	61 2,8%	55 3,2%	42 3,8%	24 5,0%	11 7,0%	5 9,8%	5 11,4%	281 1,6%
Fichte ±	2 10,0%	36 4,5%	88 3,2%	111 2,7%	92 3,6%	47 5,0%	18 7,7%	6 11,8%	1 26,9%	0 27,1%	402 1,7%
Tanne ±	2 33,8%	11 19,4%	40 13,5%	89 9,8%	113 8,3%	87 10,6%	57 10,7%	27 20,5%	10 29,6%	5 34,4%	442 5,6%
Douglasie ±	1 31,0%	36 13,4%	73 10,4%	104 9,5%	64 12,2%	34 17,6%	12 23,0%	5 42,4%	2 62,5%	3 76,5%	336 5,6%
Kiefer ±	2 10,4%	38 5,4%	89 3,1%	106 3,1%	57 4,7%	16 7,4%	2 16,5%	0 38,7%	0 99,8%	0 0,0%	311 1,6%
Lärche ±	1 55,8%	23 13,5%	71 10,6%	113 6,7%	79 8,6%	39 11,6%	15 19,7%	5 32,7%	0 0,0%	1 71,2%	346 3,1%
alle Nadelbäume ±	2 7,0%	35 3,4%	86 2,2%	108 2,0%	76 2,8%	35 4,1%	12 6,5%	4 10,2%	1 21,2%	1 24,9%	360 1,2%
alle Baumarten ±	2 5,2%	30 2,6%	69 1,9%	86 1,7%	66 2,2%	37 2,9%	17 4,1%	7 6,0%	3 9,4%	2 10,5%	318 1,1%

ALH: andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer (Hainbuche, Esche, Ahorn, Linde, Kirsche, Ulme, Robinie, Kastanie, Elsbeere)

ALN: andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer (Birke, Erle, Pappel, Weide, Vogelbeere, sonstige Laubbäume)

Hinweis: Der Vorrat ist auf die Fläche der jeweiligen Baumart bezogen. In der Bezugsfläche für alle BHD-Stufen und Baumarten sind auch Blößen und Bestandeslücken enthalten. Vorrat im Nebenbestand (Ober- oder Unterstand) ist nicht enthalten. Vorrat für alle Baumarten, alle BHD-Stufen, alle Bestandesschichten = 330 m³/ha.

Tabelle A 11: Veränderung des Vorrates [m³/ha] nach Baumartengruppe und Altersklasse

	1 - 20 Jahre	21 - 40 Jahre	41 - 60 Jahre	61 - 80 Jahre	81 - 100 Jahre	101 - 120 Jahre	121 - 140 Jahre	141 - 160 Jahre	> 160 Jahre	alle Altersklassen
Eiche	7	-2	19	-9	21	-7	-18	15	15	13
Buche	0	4	-23	-29	-2	24	-34	7		-9
ALH	4	1	-17	22	-50	16	-3	1	-9	9
ALN	0	-11	5	8	-19	-6				12
alle Laubbäume	1	-4	-3	-12	-6	14	-27	9	-19	4
Fichte	-7	-4	18	0	-39	-13	-1	-4	16	2
Tanne	13	7	21	-7	-49	-23				-44
Douglasie	29	20	74	34						56
Kiefer	0	8	8	22	18	17	-37	67		25
Lärche	-2	-14	38	-22	-78	-73				24
alle Nadelbäume	-5	1	20	5	-19	-4	-35	20	-27	12
alle Baumarten	-3	-2	15	-9	-19	5	-28	15	-22	6

ALH: andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer (Hainbuche, Esche, Ahorn, Linde, Kirsche, Ulme, Robinie, Kastanie, Elsbeere)

ALN: andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer (Birke, Erle, Pappel, Weide, Vogelbeere, sonstige Laubbäume)

Hinweis: Die Veränderung des Vorrates ist auf die Fläche der jeweiligen Baumart und Altersklasse bezogen. Erstaufforstungen nach der zweiten Bundeswaldinventur (2002) sind nicht enthalten (Schnittfläche Holzboden beider Inventuren). Veränderung des Vorrates im Nebenbestand (Ober- oder Unterstand) ist nicht enthalten. Veränderung des Vorrates für alle Baumarten, alle Altersklassen, alle Bestandesschichten = 8 m³/ha.

Tabelle A 12: Veränderung des Vorrates [m³/ha] nach Baumartengruppe und Brusthöhendurchmesser

	7,0 bis 9,9 cm	10,0 bis 19,9 cm	20,0 bis 29,9 cm	30,0 bis 39,9 cm	40,0 bis 49,9 cm	50,0 bis 59,9 cm	60,0 bis 69,9 cm	70,0 bis 79,9 cm	80,0 bis 89,9 cm	ab 90 cm	alle BHD- Stufen
Eiche	-1	-4	-3	2	3	3	6	1	3	3	13
Buche	0	-3	-7	-7	-3	3	3	3	0	1	-9
ALH	-1	-4	1	2	2	8	2	1	-1	1	9
ALN	-1	-1	-1	5	7	2	1	1	0	1	12
alle Laubbäume	0	-3	-3	-1	1	4	3	2	1	1	4
Fichte	-1	-5	-7	-1	6	3	3	3	0	0	2
Tanne	0	-4	-5	-14	-12	-12	5	-5	2	1	-44
Douglasie	-2	-7	-21	34	26	20	3	4	-2	2	56
Kiefer	-2	-6	0	13	13	6	1	0	0	0	25
Lärche	0	-7	-22	15	19	12	4	4	-1	0	24
alle Nadelbäume	-1	-6	-5	6	9	5	2	2	0	0	12
alle Baumarten	-1	-5	-5	2	6	4	3	2	0	1	6

ALH: andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer (Hainbuche, Esche, Ahorn, Linde, Kirsche, Ulme, Robinie, Kastanie, Elsbeere)

ALN: andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer (Birke, Erle, Pappel, Weide, Vogelbeere, sonstige Laubbäume)

Hinweis: Die Veränderung des Vorrates ist auf die Fläche der jeweiligen Baumart bezogen. Erstaufforstungen nach der zweiten Bundeswaldinventur (2002) sind nicht enthalten (Schnittfläche Holzboden beider Inventuren). Veränderung des Vorrates im Nebenbestand (Ober- oder Unterstand) ist nicht enthalten. Veränderung des Vorrates für alle Baumarten, alle Altersklassen, alle Bestandesschichten = 8 m³/ha.

Tabelle A 13: Zuwachs des Vorrates [1000 m³/a] und Stichprobenfehler nach Baumartengruppe und Altersklasse

	1 - 20 Jahre	21 - 40 Jahre	41 - 60 Jahre	61 - 80 Jahre	81 - 100 Jahre	101 - 120 Jahre	121 - 140 Jahre	141 - 160 Jahre	> 160 Jahre	alle Altersklassen
Eiche ±	152 26,3%	744 16,5%	1.496 12,0%	1.211 11,9%	1.089 12,8%	1.038 12,6%	855 13,6%	930 12,4%	642 15,2%	8.157 5,0%
Buche ±	203 18,9%	1.324 10,5%	2.272 8,8%	2.928 9,0%	3.126 8,6%	2.846 8,8%	2.218 10,5%	1.464 12,0%	1.041 13,4%	17.424 4,1%
ALH ±	415 16,9%	1.443 11,3%	1.607 10,4%	1.439 12,0%	647 12,2%	367 18,5%	165 25,0%	141 27,0%	23 74,0%	6.246 5,9%
ALN ±	595 16,8%	2.026 9,3%	2.103 9,3%	1.190 13,4%	361 22,9%	192 39,7%	18 52,5%	8 63,7%	17 74,6%	6.510 5,8%
alle Laubbäume ±	1.365 10,6%	5.538 6,4%	7.478 5,5%	6.768 6,2%	5.223 6,7%	4.443 7,3%	3.257 8,8%	2.542 9,1%	1.723 10,8%	38.337 2,9%
Fichte ±	630 36,3%	10.172 6,3%	13.207 5,7%	6.841 6,7%	5.653 7,2%	3.225 8,9%	1.028 12,6%	385 20,9%	252 32,6%	41.393 3,4%
Tanne ±		296 33,3%	331 26,1%	317 23,5%	432 16,9%	379 18,4%	276 21,5%	127 28,8%	74 43,6%	2.141 12,1%
Douglasie ±	380 30,8%	2.149 15,5%	1.453 19,4%	277 28,0%	36 48,2%	36 49,7%				4.330 11,5%
Kiefer ±	641 20,2%	4.911 8,6%	7.951 6,9%	4.050 8,5%	3.152 8,0%	2.732 9,4%	927 12,8%	367 17,6%	128 26,1%	24.860 4,1%
Lärche ±	117 29,0%	924 16,8%	1.520 12,6%	493 17,3%	173 24,7%	99 33,6%	61 42,0%	24 55,1%		3.407 8,4%
alle Nadelbäume ±	1.678 18,1%	18.452 4,9%	24.462 4,3%	11.978 5,2%	9.446 5,4%	6.471 6,4%	2.292 8,8%	904 12,8%	450 21,4%	76.132 2,6%
alle Baumarten ±	3.043 11,3%	23.990 4,2%	31.939 3,7%	18.747 4,2%	14.669 4,4%	10.913 5,0%	5.548 6,5%	3.446 7,6%	2.174 9,8%	114.469 2,1%

ALH: andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer (Hainbuche, Esche, Ahorn, Linde, Kirsche, Ulme, Robinie, Kastanie, Elsbeere)

ALN: andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer (Birke, Erle, Pappel, Weide, Vogelbeere, sonstige Laubbäume)

Hinweis: Erstaufforstungen nach der zweiten Bundeswaldinventur (2002) sind nicht enthalten (Schnittfläche Holzboden beider Inventuren).

Tabelle A 14: Zuwachs des Vorrates [1000 m³/a] und Stichprobenfehler nach Baumartengruppe und Brusthöhendurchmesser, nur begehbarer Wald / Schnittfläche Holzboden beider Inventuren / Bäume ab 7 cm BHD, alle Bestandesschichten

	7,0 bis 9,9 cm	10,0 bis 19,9 cm	20,0 bis 29,9 cm	30,0 bis 39,9 cm	40,0 bis 49,9 cm	50,0 bis 59,9 cm	60,0 bis 69,9 cm	70,0 bis 79,9 cm	80,0 bis 89,9 cm	ab 90 cm	alle BHD- Stufen
Eiche ±	76 23,8%	1.079 10,9%	1.668 8,1%	1.726 7,2%	1.242 8,2%	1.026 8,8%	676 10,0%	331 14,1%	185 19,8%	148 22,7%	8.157 5,0%
Buche ±	305 12,5%	2.225 6,6%	3.238 6,0%	3.773 5,4%	3.284 6,0%	2.287 6,7%	1.319 8,3%	549 11,8%	261 16,8%	183 22,3%	17.424 4,1%
ALH ±	190 15,8%	1.605 8,3%	1.713 8,0%	1.282 9,1%	720 10,8%	438 12,7%	154 21,3%	72 27,3%	38 45,5%	34 42,7%	6.246 5,9%
ALN ±	198 23,0%	1.873 7,5%	1.742 7,0%	1.192 9,6%	705 13,3%	348 16,1%	180 30,3%	140 27,9%	43 48,2%	89 37,6%	6.510 5,8%
alle Laubbäume ±	769 9,4%	6.782 4,4%	8.361 3,9%	7.973 3,9%	5.951 4,6%	4.099 5,1%	2.329 6,4%	1.092 8,6%	527 12,2%	453 14,6%	38.337 2,9%
Fichte ±		7.288 5,1%	12.002 4,4%	11.004 4,1%	6.972 4,7%	3.048 6,1%	907 9,3%	285 14,4%	54 27,5%	33 30,2%	41.393 3,4%
Tanne ±		133 28,4%	335 18,2%	566 14,7%	507 13,8%	367 14,7%	207 17,5%	47 35,4%	40 34,9%	24 76,2%	2.141 12,1%
Douglasie ±		764 16,1%	1.102 13,9%	1.325 14,1%	731 15,8%	314 20,3%	100 26,0%	33 47,6%	6 184,6%	8 86,4%	4.330 11,5%
Kiefer ±	341 19,6%	5.602 6,7%	8.230 5,1%	6.876 4,8%	2.981 6,0%	662 10,5%	149 18,4%	16 52,8%		3 100,0%	24.860 4,1%
alle Nadelbäume ±	37 589,7%	14.196 4,0%	22.610 3,2%	20.879 3,1%	11.812 3,6%	4.573 5,0%	1.430 7,3%	418 12,0%	102 22,8%	75 30,3%	76.132 2,6%
alle Baumarten ±	806 28,8%	20.978 3,1%	30.971 2,7%	28.852 2,5%	17.763 2,9%	8.672 3,7%	3.759 4,9%	1.510 7,1%	629 10,9%	528 13,4%	114.469 2,1%

ALH: andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer (Hainbuche, Esche, Ahorn, Linde, Kirsche, Ulme, Robinie, Kastanie, Elsbeere)

ALN: andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer (Birke, Erle, Pappel, Weide, Vogelbeere, sonstige Laubbäume)

Hinweis: Erstaufforstungen nach der zweiten Bundeswaldinventur (2002) sind nicht enthalten (Schnittfläche Holzboden beider Inventuren).

Tabelle A 15: Zuwachs des Vorrates [m³/ha*a] und Stichprobenfehler nach Baumartengruppe und Altersklasse

	1 - 20 Jahre	21 - 40 Jahre	41 - 60 Jahre	61 - 80 Jahre	81 - 100 Jahre	101 - 120 Jahre	121 - 140 Jahre	141 - 160 Jahre	> 160 Jahre	alle Altersklassen
Eiche ±	2,6 22,3%	9,3 9,8%	10,5 6,6%	10,2 6,3%	9,3 8,9%	8,2 9,7%	7,1 9,4%	7,9 8,5%	7,2 9,9%	8,4 2,8%
Buche ±	1,1 19,4%	11,3 7,6%	12,4 4,9%	12,1 4,3%	12,8 4,9%	10,0 5,3%	10,4 6,6%	8,6 7,1%	8,5 10,1%	10,0 2,1%
ALH ±	2,6 16,4%	10,6 7,9%	11,1 7,0%	11,6 8,3%	9,6 9,3%	8,4 13,3%	8,7 19,6%	9,9 19,0%	3,0 84,8%	8,8 3,6%
ALN ±	2,0 16,4%	7,7 6,8%	7,0 6,8%	8,8 8,8%	7,4 19,3%	12,4 22,8%	10,4 48,9%	6,0 28,0%	6,9 63,7%	6,2 4,1%
alle Laubbäume ±	2,0 10,3%	9,2 4,4%	9,6 3,5%	10,9 3,4%	11,0 4,1%	9,4 4,7%	9,2 5,6%	8,4 5,5%	7,8 7,3%	8,6 1,6%
Fichte ±	1,8 35,4%	18,2 3,1%	21,2 2,8%	15,8 3,5%	13,0 4,0%	12,9 5,4%	10,2 8,9%	8,1 16,4%	5,7 22,4%	14,5 1,7%
Tanne ±		21,9 14,2%	18,9 14,7%	17,1 13,2%	17,3 8,8%	13,4 11,7%	13,0 17,1%	10,8 24,9%	6,9 32,5%	12,9 7,0%
Douglasie ±	8,8 25,3%	21,9 6,4%	32,6 9,7%	22,0 10,8%	13,9 48,8%	19,4 28,5%	0,0 0,0%	0,0 0,0%	0,0 0,0%	21,4 5,1%
Kiefer ±	4,1 17,0%	13,6 4,1%	13,0 3,0%	10,1 4,6%	8,2 4,9%	7,9 5,8%	6,6 10,3%	6,7 12,5%	5,1 15,7%	10,1 1,7%
Lärche ±	6,2 22,9%	13,9 9,5%	13,7 7,2%	10,1 10,3%	8,1 23,2%	9,1 20,5%	13,1 32,0%	9,0 33,5%		12,0 4,2%
alle Nadelbäume ±	2,9 16,7%	16,8 2,4%	17,4 2,2%	13,1 2,8%	10,9 3,2%	10,2 3,9%	8,6 6,7%	7,7 10,0%	5,5 14,7%	12,7 1,3%
alle Baumarten ±	2,4 10,9%	14,3 2,3%	14,7 2,0%	12,2 2,2%	10,9 2,6%	9,8 3,0%	8,9 4,4%	8,2 4,9%	7,2 6,6%	10,8 1,1%

ALH: andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer (Hainbuche, Esche, Ahorn, Linde, Kirsche, Ulme, Robinie, Kastanie, Elsbeere)

ALN: andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer (Birke, Erle, Pappel, Weide, Vogelbeere, sonstige Laubbäume)

Hinweis: Erstaufforstungen nach der zweiten Bundeswaldinventur (2002) sind nicht enthalten (Schnittfläche Holzboden beider Inventuren). Der Zuwachs ist auf die Fläche der jeweiligen Baumart und Altersklasse bezogen. In der Bezugsfläche für alle Altersklassen und Baumarten sind auch Blößen und Bestandeslücken enthalten. Zuwachs im Nebenbestand (Ober- oder Unterstand) ist nicht enthalten. Zuwachs für alle Baumarten, alle Altersklassen, alle Bestandesschichten = 11,1 m³/a*ha.

Tabelle A 16: Zuwachs des Vorrates [m³/ha*a] und Stichprobenfehler nach Baumartengruppe und Brusthöhendurchmesser

	7,0 bis 9,9 cm	10,0 bis 19,9 cm	20,0 bis 29,9 cm	30,0 bis 39,9 cm	40,0 bis 49,9 cm	50,0 bis 59,9 cm	60,0 bis 69,9 cm	70,0 bis 79,9 cm	80,0 bis 89,9 cm	ab 90 cm	alle BHD- Stufen
Eiche ±	0,1 25,0%	1,0 10,9%	1,7 7,0%	1,8 5,8%	1,3 7,1%	1,0 8,3%	0,7 9,5%	0,3 14,4%	0,2 20,1%	0,2 23,4%	8,4 2,8%
Buche ±	0,1 16,0%	1,1 7,0%	1,9 5,2%	2,3 4,1%	2,0 4,7%	1,4 5,6%	0,8 7,5%	0,3 11,7%	0,1 15,9%	0,1 22,1%	10,0 2,1%
ALH ±	0,2 19,0%	2,1 7,7%	2,5 6,7%	1,9 7,8%	1,1 9,7%	0,7 11,8%	0,2 22,6%	0,1 26,5%	0,0 55,1%	0,0 46,2%	8,8 3,6%
ALN ±	0,2 29,0%	1,7 6,8%	1,7 5,7%	1,2 8,8%	0,7 12,4%	0,3 16,3%	0,1 31,3%	0,1 32,9%	0,0 51,3%	0,1 42,9%	6,2 4,1%
alle Laubbäume ±	0,1 11,7%	1,4 4,3%	1,9 3,2%	1,9 3,0%	1,4 3,8%	0,9 4,4%	0,5 5,9%	0,2 8,6%	0,1 12,4%	0,1 14,9%	8,6 1,6%
Fichte ±		2,4 4,5%	4,2 3,3%	3,9 2,8%	2,5 3,6%	1,1 5,3%	0,3 9,1%	0,1 14,5%	0,0 27,5%	0,0 30,7%	14,5 1,7%
Tanne ±		0,8 23,3%	2,0 15,7%	3,5 11,1%	3,0 9,4%	2,1 11,6%	1,2 13,9%	0,3 31,5%	0,2 36,5%	0,1 71,5%	12,9 7,0%
Douglasie ±		3,7 13,3%	5,5 8,8%	6,6 8,9%	3,6 12,2%	1,6 18,2%	0,5 25,0%	0,2 47,4%	0,0 184,7%	0,0 85,6%	21,4 5,1%
Kiefer ±	0,1 19,7%	2,3 5,5%	3,4 3,3%	2,8 3,3%	1,2 5,2%	0,3 10,5%	0,0 19,0%	0,0 56,9%	0,0 99,8%	0,0 0,0%	10,1 1,7%
Lärche ±	0,1 49,9%	1,4 13,5%	3,3 10,6%	3,9 8,1%	2,2 8,8%	0,6 16,7%	0,2 27,0%	0,1 39,2%	0,0 99,8%	0,0 64,1%	12,0 4,2%
alle Nadelbäume ±	0,0 172,7%	2,3 3,4%	3,8 2,3%	3,5 2,1%	2,0 2,9%	0,8 4,6%	0,2 7,2%	0,1 12,1%	0,0 24,0%	0,0 27,4%	12,7 1,3%
alle Baumarten ±	0,1 31,7%	1,9 2,8%	3,0 2,0%	2,8 1,8%	1,7 2,3%	0,8 3,3%	0,3 4,7%	0,1 7,2%	0,1 11,3%	0,0 13,7%	10,8 1,1%

ALH: andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer (Hainbuche, Esche, Ahorn, Linde, Kirsche, Ulme, Robinie, Kastanie, Elsbeere)

ALN: andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer (Birke, Erle, Pappel, Weide, Vogelbeere, sonstige Laubbäume)

Hinweis: Erstaufforstungen nach der BWI 2 (2002) sind nicht enthalten (Schnittfläche Holzboden beider Inventuren). Der Vorrat ist auf die Fläche der jeweiligen Baumart bezogen. In der Bezugsfläche für alle BHD-Stufen und Baumarten sind auch Blößen und Bestandeslücken enthalten. Zuwachs im Nebenbestand (Ober- oder Unterstand) ist nicht enthalten. Zuwachs für alle Baumarten, alle BHD-Stufen, alle Bestandesschichten = 11,1 m³/a*ha.

Tabelle A 17: Vorrat des ausgeschiedenen Bestandes [1000 m³/a] und Stichprobenfehler nach Baumartengruppe und Altersklasse

	1 - 20 Jahre	21 - 40 Jahre	41 - 60 Jahre	61 - 80 Jahre	81 - 100 Jahre	101 - 120 Jahre	121 - 140 Jahre	141 - 160 Jahre	> 160 Jahre	alle Altersklassen
Eiche	44 66,2%	331 31,4%	717 24,6%	331 24,1%	597 21,7%	621 19,8%	870 18,2%	570 21,0%	451 23,6%	4.532 8,3%
Buche	77 40,0%	380 19,6%	1.083 15,0%	1.827 14,0%	1.898 18,1%	3.017 14,8%	3.484 16,5%	2.189 18,9%	1.154 23,0%	15.109 7,1%
ALH	116 28,5%	567 20,6%	742 19,4%	577 23,8%	373 26,7%	278 37,7%	108 44,2%	79 73,7%	13 100,0%	2.852 10,7%
ALN	242 27,4%	1.404 12,8%	1.637 12,2%	692 21,1%	258 36,6%	78 81,9%	19 100,0%			4.331 8,2%
alle Laubbäume	479 19,1%	2.682 9,7%	4.179 8,8%	3.428 10,4%	3.126 13,2%	3.995 12,6%	4.480 13,9%	2.838 15,7%	1.618 18,2%	26.824 4,9%
Fichte	329 22,0%	7.236 8,9%	10.202 9,1%	11.654 10,2%	14.622 11,6%	6.881 15,3%	2.181 19,8%	1.086 33,8%	537 33,5%	54.728 5,3%
Tanne	7 100,0%	123 67,0%	52 45,9%	203 43,3%	171 37,0%	538 27,8%	519 38,0%	257 34,4%	110 48,8%	1.981 16,9%
Douglasie	85 65,3%	1.079 27,4%	243 27,9%	72 61,5%						1.480 21,1%
Kiefer	251 24,1%	2.838 11,5%	5.478 9,9%	3.100 12,4%	3.213 12,8%	2.350 14,1%	1.034 19,0%	441 28,6%	275 40,6%	18.979 5,4%
Lärche	56 43,6%	637 22,8%	1.080 18,5%	443 27,0%	260 40,5%	129 56,2%	103 47,2%	14 100,0%	14 100,0%	2.736 11,6%
alle Nadelbäume	729 16,4%	11.912 6,9%	17.056 6,7%	15.472 8,3%	18.266 9,9%	9.897 11,5%	3.837 14,4%	1.798 22,7%	936 23,8%	79.904 4,0%
alle Baumarten	1.208 12,5%	14.595 6,0%	21.235 5,7%	18.899 7,1%	21.392 8,7%	13.892 9,1%	8.317 10,5%	4.636 13,2%	2.554 15,4%	106.728 3,3%

ALH: andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer (Hainbuche, Esche, Ahorn, Linde, Kirsche, Ulme, Robinie, Kastanie, Elsbeere)
 ALN: andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer (Birke, Erle, Pappel, Weide, Vogelbeere, sonstige Laubbäume)

Hinweis: Der bei Waldumwandlung ausgeschiedene Vorrat ist nicht enthalten (Schnittfläche Holzboden aus BWI 2 und IS08).

Tabelle A 18: Vorrat des unterschiedlichen Bestandes [1000 m³/a] und Stichprobenfehler nach Baumartengruppe und Brusthöhendurchmesser

	7,0 bis 9,9 cm	10,0 bis 19,9 cm	20,0 bis 29,9 cm	30,0 bis 39,9 cm	40,0 bis 49,9 cm	50,0 bis 59,9 cm	60,0 bis 69,9 cm	70,0 bis 79,9 cm	80,0 bis 89,9 cm	ab 90 cm	alle BHD- Stufen
Eiche ±	84 32,9%	695 15,8%	904 17,7%	1.142 13,4%	496 17,0%	530 18,1%	316 25,8%	178 30,7%	124 43,8%	62 50,8%	4.532 8,3%
Buche ±	150 19,8%	981 12,1%	2.367 10,3%	2.833 10,5%	2.863 11,3%	2.465 13,0%	1.998 13,5%	815 18,1%	357 25,5%	280 54,5%	15.109 7,1%
ALH ±	136 21,4%	728 15,6%	700 15,8%	639 17,2%	266 24,2%	148 32,1%	100 47,0%	74 61,8%	32 71,8%	29 100,0%	2.852 10,7%
ALN ±	216 14,5%	1.455 10,1%	1.278 11,1%	495 17,2%	421 22,4%	242 32,2%	126 40,9%	40 58,1%	14 100,0%	43 71,8%	4.331 8,2%
alle Laubbäume ±	587 10,3%	3.859 6,8%	5.249 6,8%	5.110 7,6%	4.046 9,0%	3.385 10,5%	2.541 11,6%	1.106 15,0%	527 20,8%	413 39,0%	26.824 4,9%
Fichte ±	483 12,8%	6.517 6,6%	12.772 6,3%	14.893 7,0%	10.984 8,1%	6.384 9,9%	2.115 12,9%	367 25,1%	98 55,8%	116 49,4%	54.728 5,3%
Tanne ±	17 61,1%	117 46,4%	172 30,7%	238 28,4%	402 26,5%	399 26,8%	271 32,3%	249 41,1%	84 44,8%	31 70,8%	1.981 16,9%
Douglasie ±	55 58,7%	506 24,9%	541 32,5%	244 29,0%	79 47,8%	32 70,7%	21 100,0%				1.480 21,1%
Kiefer ±	555 12,3%	4.940 8,3%	5.956 7,0%	5.026 7,8%	1.774 12,3%	577 20,6%	153 37,3%				18.979 5,4%
alle Nadelbäume ±	1.141 8,8%	12.484 5,1%	20.341 4,7%	21.094 5,4%	13.666 7,0%	7.609 8,8%	2.595 11,4%	615 22,3%	194 34,8%	166 44,4%	79.904 4,0%
alle Baumarten ±	1.728 6,9%	16.343 4,2%	25.590 4,1%	26.203 4,6%	17.712 5,9%	10.994 7,1%	5.135 8,3%	1.721 12,8%	721 17,8%	579 30,6%	106.728 3,3%

ALH: andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer (Hainbuche, Esche, Ahorn, Linde, Kirsche, Ulme, Robinie, Kastanie, Elsbeere)

ALN: andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer (Birke, Erle, Pappel, Weide, Vogelbeere, sonstige Laubbäume)

Hinweis: Der bei Waldumwandlung ausgeschiedene Vorrat ist nicht enthalten (Schnittfläche Holzboden aus BWI 2 und IS08).

Tabelle A 19: Vorrat des unterschiedlichen Bestandes [m³/ha*a] und Stichprobenfehler nach Baumartengruppe und Altersklasse

	1 - 20 Jahre	21 - 40 Jahre	41 - 60 Jahre	61 - 80 Jahre	81 - 100 Jahre	101 - 120 Jahre	121 - 140 Jahre	141 - 160 Jahre	> 160 Jahre	alle Altersklassen
Eiche	0,7	3,7	5,0	3,3	4,9	5,0	7,0	6,1	5,1	4,8
±	63,5%	24,9%	20,6%	21,6%	18,3%	16,1%	15,8%	16,7%	22,2%	7,1%
Buche	0,5	3,3	5,9	7,5	7,8	10,4	16,7	12,8	12,6	9,0
±	40,4%	19,3%	13,2%	10,7%	13,9%	11,8%	12,9%	14,6%	19,2%	5,7%
ALH	0,7	3,8	5,1	5,0	6,3	7,0	7,9	6,6	2,8	4,2
±	30,9%	18,0%	17,8%	21,9%	23,3%	31,8%	38,8%	73,5%	95,3%	10,0%
ALN	0,8	5,1	5,2	7,0	6,9	6,1	56,3			4,2
±	29,4%	11,4%	10,4%	18,8%	33,6%	73,5%	59,1%			7,4%
alle Laubbäume	0,7	4,3	5,3	6,1	6,8	8,5	12,9	10,2	8,8	6,2
±	20,2%	8,5%	7,4%	8,5%	10,6%	10,5%	11,1%	12,3%	15,9%	4,1%
Fichte	0,8	11,5	17,2	24,6	29,8	29,9	21,4	25,1	13,6	18,4
±	22,0%	7,0%	7,4%	8,2%	8,9%	11,6%	16,6%	26,1%	29,2%	4,3%
Tanne		8,9	2,4	9,7	8,4	17,2	29,8	23,7	15,8	12,5
±		58,8%	56,3%	35,8%	32,8%	19,2%	29,7%	22,2%	42,7%	13,9%
Douglasie	2,1	10,1	8,3	8,4						7,9
±	59,9%	20,7%	18,3%	42,5%						17,4%
Kiefer	1,2	7,2	9,2	7,4	7,8	7,6	8,5	7,3	14,5	7,5
±	23,2%	8,8%	7,2%	9,6%	10,2%	11,6%	17,2%	32,8%	35,4%	4,2%
Lärche	2,3	8,2	10,0	9,7	15,0	16,8	24,0	6,7		9,5
±	32,9%	18,5%	13,7%	22,4%	30,6%	40,6%	21,6%	82,8%		9,3%
alle Nadelbäume	1,1	9,7	12,7	15,9	19,3	17,1	15,7	16,8	14,2	13,0
±	16,2%	5,5%	5,3%	7,0%	8,2%	9,9%	12,8%	20,0%	21,0%	3,4%
alle Baumarten	0,9	8,0	10,0	12,3	15,2	13,3	14,0	11,9	10,3	10,0
±	12,7%	4,9%	4,7%	6,1%	7,4%	7,8%	8,9%	11,0%	13,2%	2,9%

ALH: andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer (Hainbuche, Esche, Ahorn, Linde, Kirsche, Ulme, Robinie, Kastanie, Eibe)

ALN: andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer (Birke, Erle, Pappel, Weide, Vogelbeere, sonstige Laubbäume)

Hinweis: Der bei Waldumwandlung ausgeschiedene Vorrat ist nicht enthalten (Schnittfläche Holzboden aus BWI 2 und IS08). Der Vorrat des ausgeschiedenen Bestandes ist auf die Fläche der jeweiligen Baumart und Altersklasse bezogen. In der Bezugsfläche für alle Altersklassen und Baumarten sind auch Blößen und Bestandeslücken enthalten. Ausgeschiedener Vorrat im Nebenbestand (Ober- oder Unterstand) ist nicht enthalten. Vorrat des ausgeschiedenen Bestandes für alle Baumarten, alle Altersklassen, alle Bestandessichten = 10,4 m³/a*ha.

Tabelle A 20: Vorrat des unterschiedlichen Bestandes [m³/ha*a] und Stichprobenfehler nach Baumartengruppe und Brusthöhendurchmesser

	7,0 bis 9,9 cm	10,0 bis 19,9 cm	20,0 bis 29,9 cm	30,0 bis 39,9 cm	40,0 bis 49,9 cm	50,0 bis 59,9 cm	60,0 bis 69,9 cm	70,0 bis 79,9 cm	80,0 bis 89,9 cm	ab 90 cm	alle BHD- Stufen
Eiche ±	0,1 40,5%	0,7 15,9%	1,0 16,9%	1,2 13,0%	0,5 16,6%	0,6 17,6%	0,3 27,2%	0,2 30,4%	0,1 53,0%	0,1 50,5%	4,8 7,1%
Buche ±	0,1 25,6%	0,5 13,1%	1,4 9,7%	1,7 9,5%	1,7 10,2%	1,5 12,4%	1,2 13,0%	0,5 18,3%	0,2 27,1%	0,2 57,2%	9,0 5,7%
ALH ±	0,2 24,3%	1,0 16,1%	1,0 15,6%	1,0 16,7%	0,4 25,2%	0,2 31,7%	0,2 46,7%	0,1 61,6%	0,1 71,6%	0,0 99,8%	4,2 10,0%
ALN ±	0,2 17,5%	1,4 9,6%	1,3 10,8%	0,5 16,7%	0,4 22,2%	0,3 31,9%	0,1 40,4%	0,0 99,7%	0,0 99,7%	0,0 71,6%	4,2 7,4%
alle Laubbäume ±	0,1 12,8%	0,8 6,9%	1,2 6,4%	1,2 7,0%	1,0 8,5%	0,8 10,2%	0,6 11,4%	0,2 15,4%	0,1 22,4%	0,1 40,2%	6,2 4,1%
Fichte ±	0,1 14,5%	2,1 6,3%	4,3 5,6%	5,1 6,2%	3,7 7,6%	2,1 9,5%	0,7 12,6%	0,1 24,9%	0,0 55,6%	0,0 54,3%	18,4 4,3%
Tanne ±	0,0 98,8%	0,6 57,1%	1,1 31,0%	1,6 27,9%	2,7 24,9%	2,6 23,8%	1,7 30,9%	1,5 40,6%	0,4 47,7%	0,2 70,9%	12,5 13,9%
Douglasie ±	0,3 62,3%	2,7 22,7%	2,9 29,2%	1,3 26,3%	0,4 46,2%	0,2 69,6%	0,1 99,1%				7,9 17,4%
Kiefer ±	0,2 12,0%	2,0 7,4%	2,4 6,1%	2,0 7,2%	0,7 12,4%	0,2 26,3%	0,0 45,6%				7,5 4,2%
Lärche ±	0,1 53,4%	1,4 26,0%	3,2 14,8%	2,4 16,5%	1,5 23,6%	0,8 28,1%	0,1 57,2%	0,0 0,0%	0,0 99,8%	0,1 99,8%	9,5 9,3%
alle Nadelbäume ±	0,2 9,3%	2,0 4,7%	3,3 4,2%	3,5 5,0%	2,2 6,8%	1,2 8,9%	0,4 11,5%	0,1 23,0%	0,0 36,9%	0,0 47,6%	13,0 3,4%
alle Baumarten ±	0,1 7,7%	1,5 4,1%	2,4 3,7%	2,5 4,3%	1,7 5,7%	1,0 7,0%	0,5 8,3%	0,2 13,3%	0,1 19,2%	0,1 32,0%	10,0 2,9%

ALH: andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer (Hainbuche, Esche, Ahorn, Linde, Kirsche, Ulme, Robinie, Kastanie, Elsbeere)

ALN: andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer (Birke, Erle, Pappel, Weide, Vogelbeere, sonstige Laubbäume)

Hinweis: Der bei Waldumwandlung ausgeschiedene Vorrat ist nicht enthalten (Schnittfläche Holzboden aus BWI 2 und IS08). Der Vorrat des unterschiedlichen Bestandes ist auf die Fläche der jeweiligen Baumart bezogen. In der Bezugsfläche für alle BHD-Stufen und Baumarten sind auch Blößen und Bestandeslücken enthalten. Ausgeschiedener Vorrat im Nebenbestand (Ober- oder Unterstand) ist nicht enthalten. Vorrat des unterschiedlichen Bestandes für alle Baumarten, alle Altersklassen, alle Bestandesschichten = 10,4 m³/a*ha.

Tabelle A 21: Vorrat (Erntefestmaß o.R., verwertbar) des genutzten Bestandes [1000 m³/a] und Stichprobenfehler nach Baumartengruppe und Altersklasse

	1 - 20 Jahre	21 - 40 Jahre	41 - 60 Jahre	61 - 80 Jahre	81 - 100 Jahre	101 - 120 Jahre	121 - 140 Jahre	141 - 160 Jahre	> 160 Jahre	alle Altersklassen
Eiche	16	155	367	150	320	363	486	338	247	2.442
±	100,0%	35,0%	28,0%	27,0%	24,4%	20,8%	19,8%	23,0%	26,9%	9,2%
Buche	33	254	756	1.368	1.429	2.319	2.647	1.710	760	11.276
±	47,7%	20,4%	16,5%	14,5%	19,0%	15,2%	17,2%	19,5%	25,2%	7,5%
ALH	43	349	436	333	241	179	55	61		1.697
±	33,9%	23,2%	22,6%	28,3%	28,6%	38,0%	56,0%	73,4%		12,1%
ALN	120	522	529	289	151		13			1.626
±	36,2%	18,0%	17,7%	30,3%	41,3%		100,0%			11,2%
alle Laubbäume	213	1.280	2.089	2.140	2.141	2.861	3.202	2.108	1.007	17.041
±	26,0%	11,9%	10,8%	11,9%	14,5%	13,4%	15,0%	16,7%	20,5%	5,7%
Fichte	126	4.391	6.824	8.333	10.729	5.190	1.623	710	295	38.220
±	31,4%	10,0%	9,9%	10,7%	12,1%	15,7%	20,7%	37,8%	45,6%	5,7%
Tanne		69	19	129	123	382	350	130	76	1.278
±		81,9%	70,7%	49,9%	39,2%	28,2%	42,9%	40,8%	53,5%	19,0%
Douglasie	51	699	147	51						948
±	69,7%	28,9%	30,4%	61,3%						22,5%
Kiefer	67	1.441	3.108	1.973	2.074	1.524	693	299	170	11.349
±	34,4%	13,2%	11,1%	13,3%	13,8%	15,2%	20,6%	29,8%	47,6%	5,9%
Lärche	15	370	680	270	168	61	69	9	9	1.652
±	63,5%	24,3%	19,1%	29,2%	42,4%	62,9%	47,3%	100,0%	100,0%	12,3%
alle Nadelbäume	259	6.970	10.777	10.756	13.094	7.157	2.736	1.148	550	53.447
±	23,8%	7,9%	7,4%	8,8%	10,5%	12,2%	15,5%	25,7%	29,9%	4,5%
alle Baumarten	472	8.251	12.866	12.896	15.235	10.018	5.937	3.256	1.557	70.488
±	17,7%	7,0%	6,5%	7,7%	9,3%	9,7%	11,3%	14,2%	17,9%	3,7%

ALH: andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer (Hainbuche, Esche, Ahorn, Linde, Kirsche, Ulme, Robinie, Kastanie, Elsbeere)

ALN: andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer (Birke, Erle, Pappel, Weide, Vogelbeere, sonstige Laubbäume)

Hinweis: Der bei Waldumwandlung genutzte Vorrat ist nicht enthalten (Schnittfläche Holzboden aus BWI 2 und IS08). Der Vorrat des genutzten Bestandes ist auf die Fläche der jeweiligen Baumart und Altersklasse bezogen. Abgestorbene oder ausgeschiedene aber im Bestand verbliebene Bäume, Bäume unter 10 cm BHD (Aufarbeitungsgrenze) und sowie Rinde und Ernteverluste sind nicht enthalten.

Tabelle A 22: Vorrat (Erntefestmaß o.R., verwertbar) des genutzten Bestandes [1000 m³/a] und Stichprobenfehler nach Baumartengruppe und Brusthöhendurchmesser

	7,0 bis 9,9 cm	10,0 bis 19,9 cm	20,0 bis 29,9 cm	30,0 bis 39,9 cm	40,0 bis 49,9 cm	50,0 bis 59,9 cm	60,0 bis 69,9 cm	70,0 bis 79,9 cm	80,0 bis 89,9 cm	ab 90 cm	alle BHD- Stufen
Eiche ±	24 58,9%	291 18,8%	506 19,3%	638 14,6%	275 18,9%	325 19,3%	201 26,5%	109 32,0%	56 54,2%	17 71,0%	2.442 9,2%
Buche ±	58 25,3%	602 13,8%	1.721 11,0%	2.152 10,9%	2.229 11,5%	1.844 13,4%	1.585 13,9%	589 19,6%	274 26,9%	222 56,4%	11.276 7,5%
ALH ±	45 27,2%	431 17,6%	429 18,0%	402 18,7%	173 26,4%	80 35,6%	60 51,5%	52 62,7%		25 100,0%	1.697 12,1%
ALN ±	58 21,7%	465 14,9%	474 15,1%	209 22,9%	218 25,1%	142 36,5%	41 62,0%	10 100,0%	11 100,0%		1.626 11,2%
alle Laubbäume ±	185 14,9%	1.789 8,5%	3.129 8,0%	3.401 8,3%	2.895 9,7%	2.391 11,1%	1.887 12,4%	759 16,5%	340 23,6%	264 48,6%	17.041 5,7%
Fichte ±	171 17,7%	3.624 7,7%	8.705 6,7%	10.802 7,3%	8.210 8,3%	4.683 10,4%	1.558 13,6%	292 25,2%	82 56,1%	93 50,0%	38.220 5,7%
Tanne ±	4 100,0%	50 71,2%	86 37,1%	162 30,7%	262 28,9%	259 29,2%	174 37,2%	194 41,3%	64 44,8%	24 70,8%	1.278 19,0%
Douglasie ±	22 79,2%	295 28,2%	376 32,2%	159 31,3%	57 48,0%	25 70,9%	14 100,0%				948 22,5%
Kiefer ±	122 18,6%	2.521 9,4%	3.735 7,6%	3.314 8,4%	1.183 13,2%	400 21,5%	73 38,9%				11.349 5,9%
alle Nadelbäume ±	327 13,0%	6.719 5,9%	13.443 5,1%	14.873 5,8%	9.966 7,3%	5.514 9,3%	1.834 12,3%	486 22,3%	154 35,5%	129 45,2%	53.447 4,5%
alle Baumarten ±	513 10,1%	8.508 5,0%	16.573 4,5%	18.275 5,0%	12.861 6,2%	7.905 7,5%	3.721 8,9%	1.245 13,7%	494 19,7%	393 35,8%	70.488 3,7%

ALH: andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer (Hainbuche, Esche, Ahorn, Linde, Kirsche, Ulme, Robinie, Kastanie, Elsbeere)

ALN: andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer (Birke, Erle, Pappel, Weide, Vogelbeere, sonstige Laubbäume)

Hinweis: Der bei Waldumwandlung genutzte Vorrat ist nicht enthalten (Schnittfläche Holzboden aus BWI 2 und IS08). Der Vorrat des genutzten Bestandes ist auf die Fläche der jeweiligen Baumart bezogen. Abgestorbene oder ausgeschiedene aber im Bestand verbliebene Bäume, Bäume unter 10 cm BHD (Aufarbeitungsgrenze) und sowie Rinde und Ernteverluste sind nicht enthalten.

Tabelle A 23: Totholzvorrat [m³/ha] und Stichprobenfehler nach Baumartengruppe Totholz und Zersetzungsgrad Totholz

	frisch abgestorben	beginnende Zersetzung	fortgeschrittene Zersetzung	stark vermodert	Zersetzungsgrade	alle Totholztypen
Nadelbäume ±	3,0 8,7%	5,8 6,4%	5,1 5,4%	2,0 5,8%	15,9 3,7%	
Laubbäume ohne Eiche ±	0,9 16,5%	1,8 8,5%	2,6 12,1%	0,7 10,0%	6,1 7,0%	
Eiche ±	0,2 32,6%	0,9 34,0%	0,5 14,2%	0,1 20,7%	1,7 19,4%	
alle Baumarten ±	4,1 7,5%	8,6 5,9%	8,3 5,2%	2,7 5,0%	23,7 3,3%	

Tabelle A 24: Totholzvorrat [m³/ha] und Stichprobenfehler nach Baumartengruppe Totholz und Totholztyp

	stehend, ganzer Baum	stehend, Bruchstück	stehend	Wurzelstöcke	liegend	Abfuhrrest	alle Totholztypen
Nadelbäume ±	2,3 10,6%	1,4 12,2%	3,8 8,9%	4,5 3,5%	7,5 4,9%	0,2 42,5%	15,9 3,7%
Laubbäume ohne Eiche ±	0,4 21,8%	0,6 15,9%	1,0 13,9%	1,2 6,1%	3,9 9,4%	0,03 53,6%	6,1 7,0%
Eiche ±	0,6 48,9%	0,1 54,1%	0,7 41,7%	0,3 9,7%	0,6 15,4%	0,05 81,2%	1,7 19,4%
Alle Baumarten ±	3,4 11,6%	2,1 9,9%	5,5 8,6%	5,9 2,8%	12,1 4,4%	0,2 33,7%	23,7 3,3%

Hinweis: Totholz ab 10 cm Durchmesser bezogen auf Holzbodenfläche (einschließlich Blößen und Bestandeslücken).

Anhang B

Gesamtfehlerbudgets für die Kohlenstoff- Vorratsschätzung und –Veränderungsschätzung

Tabelle B 1: Gesamtfehlerbudget für die C-Vorratsschätzung für das Jahr 1987 in den alten Bundesländern

LULUCF-Klassen	1987										gesamt			
	Fläche		oberirdisch				unterirdisch				Kohlenstoff		Gesamtfehler [%]	Fehler Emissionsfaktor [%]
[ha]	Fehler [%]	Biomassevorrat [t]	SE [%]	VEF [%]	rd [%]	Gesamtfehler [%]	Biomassevorrat [t]	SE [%]	Wurzel-Sproß-Verhältnis [%]	Gesamtfehler [%]	C-vorrat [t]	Fehler C [%]	Gesamtfehler [%]	Fehler Emissionsfaktor [%]
Verbleibende Waldfläche	7.599.965	0,93	1.235.448.107	1,07	2,99	9,19	9,73	351.236.001	1,05	25,37	793.342.054	2,00	9,64	9,68
Wald zu Ackerland	5.290	26,51	272.142	55,12	2,12	13,7	56,84	92.680	55,59	32,36	182.411	2,00	45,48	52,64
Wald zu Grünland	24.634	14,18	351.457	45,42	2,81	8,65	46,32	121.383	43,11	24,19	236.420	2,00	36,75	39,39
Wald zu Siedlung	39.688	11,14	3.047.746	18,73	2,14	7,92	20,45	920.259	18,49	22,43	1.984.003	2,00	17,21	20,50
Wald zu Feuchtgebiet	9.133	24,85	90.532	69,85	3,08	24,49	74,08	28.229	64,93	32,34	59.380	2,00	59,08	64,10
Wald zu anderen Landnutzungs-klassen	0	-	0	-	-	-	-	0	-	-	0	-	-	-
Ackerland zu Wald	0	-	0	-	-	-	-	0	-	-	0	-	-	-
Grünland zu Wald	0	-	0	-	-	-	-	0	-	-	0	-	-	-
Siedlung zu Wald	0	-	0	-	-	-	-	0	-	-	0	-	-	-
Feuchtgebiet zu Wald	0	-	0	-	-	-	-	0	-	-	0	-	-	-
Andere Landnutzungs-klassen zu Wald	0	-	0	-	-	-	-	0	-	-	0	-	-	-
KP Aufforstung/Wiederbewaldung	0	-	0	-	-	-	-	0	-	-	0	-	-	-
KP Entwaldung	78.744	8,01	3.761.878	16,33	2,14	8,21	18,40	1.162.550	16,01	23,09	2.462.214	2,00	15,67	17,60

Tabelle B 2: Gesamtfehlerbudget für die C-Vorratsschätzung für das Jahr 2002 in den alten Bundesländern

LULUCF-Klassen	2002															
	Fläche				oberirdisch				unterirdisch				Kohlenstoff		gesamt	
	[ha]	Fehler [%]	Biomasse-vorrat [t]	SE [%]	VEF [%]	rd [%]	Gesamtfehler [%]	Biomasse-vorrat [t]	SE [%]	Wurzel-Sproß-Verhältnis [%]	Gesamtfehler [%]	C-vorrat [t]	Fehler C [%]	Gesamtfehler [%]	Fehler Emissionsfaktor [%]	
Verbleibende Waldfläche	7.599.965	0,93	1.452.377.845	1,04	2,84	8,63	9,15	413.033.737	1,03	23,86	23,88	932.705.791	2,00	9,09	9,14	
Wald zu Ackerland	0	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	
Wald zu Grünland	0	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	
Wald zu Siedlung	0	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	
Wald zu Feuchtgebiet	0	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	
Wald zu anderen Landnutzungsklassen	0	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	
Ackerland zu Wald	28.425	13,59	691.595	26,46	2,11	8,05	27,74	267.035	25,41	29,27	38,76	479.315	2,00	22,83	26,57	
Grünland zu Wald	52.974	8,61	1.956.486	15,37	2,07	7,76	17,35	683.983	14,8	26,61	30,45	1.320.235	2,00	15,21	17,48	
Siedlung zu Wald	28.967	13,32	1.223.087	20,9	2,00	6,83	22,08	429.918	20,93	25,24	32,79	826.502	2,00	18,54	22,83	
Feuchtgebiet zu Wald	16.469	15,92	454.997	28,42	1,04	6,65	29,21	167.610	28,31	17,95	33,52	311.303	2,00	23,26	28,18	
Andere Landnutzungsklassen zu Wald	0	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	
KP Aufforstung/Wiederbewaldung	126.834	6,00	4.326.165	10,47	2,70	6,96	12,86	1.548.546	10,23	24,79	26,81	2.937.355	2,00	11,98	13,40	
KP Entwaldung	0	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	

Tabelle B 3: Gesamtfehlerbudget für die C-Versäuerungsschätzung zwischen 1987 und 2002 in den alten Bundesländern

LULUCF-Klassen	1987 – 2002															
	Fläche				oberirdisch				unterirdisch				Kohlenstoff		gesamt	
	[ha]	Fehler [%]	Biomasse-vorrat [t]	SE [%]	VEF [%]	rd [%]	Gesamt-fehler [%]	Biomasse-vorrat [t]	SE [%]	Wurzel-Sproß-Verhältnis [%]	Gesamt-fehler [%]	C-vorrat [t]	Fehler C [%]	Gesamt-fehler [%]	Fehler Emissionsfaktor [%]	
Verbleibende Waldfläche	7.599.965	0,93	216.929.738	2,94	2,06	6,29	7,25	61.797.736	2,68	17,38	17,59	139.363.737	2,00	7,14	7,20	
Wald zu Ackerland	5.290	26,51	272.142	55,12	2,12	13,70	56,84	92.680	55,59	32,36	64,32	182.411	2,00	45,48	52,64	
Wald zu Grünland	24.634	14,18	351.457	45,42	2,81	8,65	46,32	121.383	43,11	24,19	49,43	236.420	2,00	36,75	39,39	
Wald zu Siedlung	39.688	11,14	3.047.746	18,73	2,14	7,92	20,45	920.259	18,49	22,43	29,07	1.984.003	2,00	17,21	20,50	
Wald zu Feuchtgebiet	9.133	24,85	90.532	69,85	3,08	24,49	74,08	28.229	64,93	32,34	72,54	59.380	2,00	59,08	64,10	
Wald zu anderen Landnutzungsklassen	0	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	
Ackerland zu Wald	28.425	13,59	691.595	26,46	2,11	8,05	27,74	267.035	25,41	29,27	38,76	479.315	2,00	22,83	26,57	
Grünland zu Wald	52.974	8,61	1.956.486	15,37	2,07	7,76	17,35	683.983	14,80	26,61	30,45	1.320.235	2,00	15,21	17,48	
Siedlung zu Wald	28.967	13,32	1.223.087	20,90	2,00	6,83	22,08	429.918	20,93	25,24	32,79	826.502	2,00	18,54	22,83	
Feuchtgebiet zu Wald	16.469	15,92	454.997	28,42	1,04	6,65	29,21	167.610	28,31	17,95	33,52	311.303	2,00	23,26	28,18	
Andere Landnutzungs-klassen zu Wald	0	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	
KP Aufforstung/Wiederbewaldung	126.834	6,00	4.326.165	10,47	2,70	6,96	12,86	1.548.546	10,23	24,79	26,81	2.937.355	2,00	11,98	13,40	
KP Entwaldung	78.744	8,01	3.761.878	16,33	2,14	8,21	18,40	1.162.550	16,01	23,09	28,10	2.462.214	2,00	15,67	17,60	

Tabelle B 4: Gesamtfehlerbudget für die C-Vorrats- und C-Veränderungsschätzung in der Klasse *Verbleibende Waldfläche* zwischen 2002 und 2008 in Deutschland

Jahr	Fläche		oberirdisch				unterirdisch				Kohlenstoff		gesamt		
	[ha]	Fehler [%]	Biomasse-vorrat [t]	SE [%]	VEF [%]	rd [%]	Gesamt-fehler [%]	Biomasse-vorrat [t]	SE [%]	Wurzel-Sproß-Verhältnis [%]	Gesamt-fehler [%]	C-vorrat [t]	Fehler C [%]	Gesamt-fehler [%]	Fehler Emissionsfaktor [%]
2002	10.548.814	0,74	1.896.308.201	2,01	1,76	7,14	7,63	540.084.766	1,98	19,15	19,25	1.218.196.483	2,00	7,58	7,62
2008	10.548.814	0,74	1.940.334.277	2,00	1,71	6,86	7,35	553.315.973	1,97	18,48	18,59	1.246.825.125	2,00	7,33	7,36
2002-2008	10.548.814	0,74	44.026.076	27,20	1,23	24,49	36,62	13.231.207	22,98	32,34	39,67	28.628.642	2,00	29,68	29,69

Anhang C

Projektionen für einzelne Baumarten

C1 Vorratsentwicklung

Über ganz Deutschland gehen die Vorräte der Buche in den mittleren und hohen Altersklassen (AK) tendenziell zurück (Abbildung C 1), nur die jüngsten AK haben positive Entwicklungen. Bei der Eiche (Abbildung C 2) nehmen die Vorräte in den mittleren AK tendenziell ab (eine Ausnahme), die in den jüngsten und der ältesten AK zu. Bei Fichte ist die Entwicklung der Aufforstungswelle nach dem Zweiten Weltkrieg über die Zeit bei den gesamten Vorräten deutlich zu sehen (Abbildung C 3). Altbestände bleiben im Vorrat in etwa gleich, die Vorräte der Jungbestände nehmen ab. Auch bei der Kiefer ist die Entwicklung der Nachkriegsaufforstungen deutlich zu sehen (Abbildung C 4).

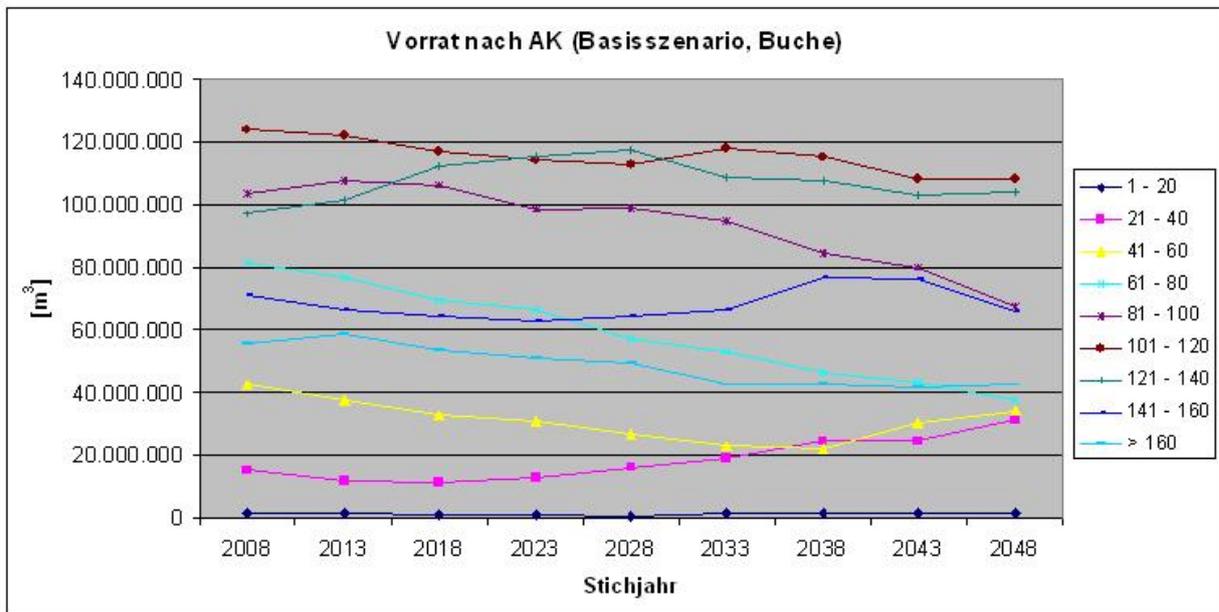


Abbildung C 1: Vorratsentwicklung (Vfm) nach Altersklassen bei der Baumart Buche

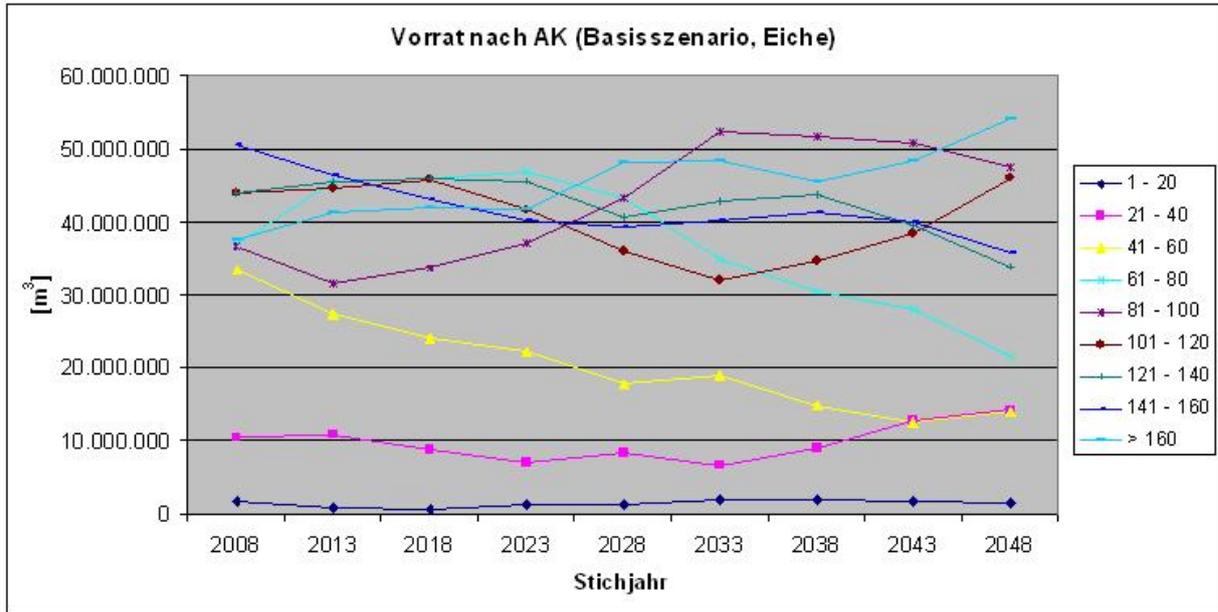


Abbildung C 2: Vorratsentwicklung (Vfm) nach Altersklassen bei der Baumart Eiche

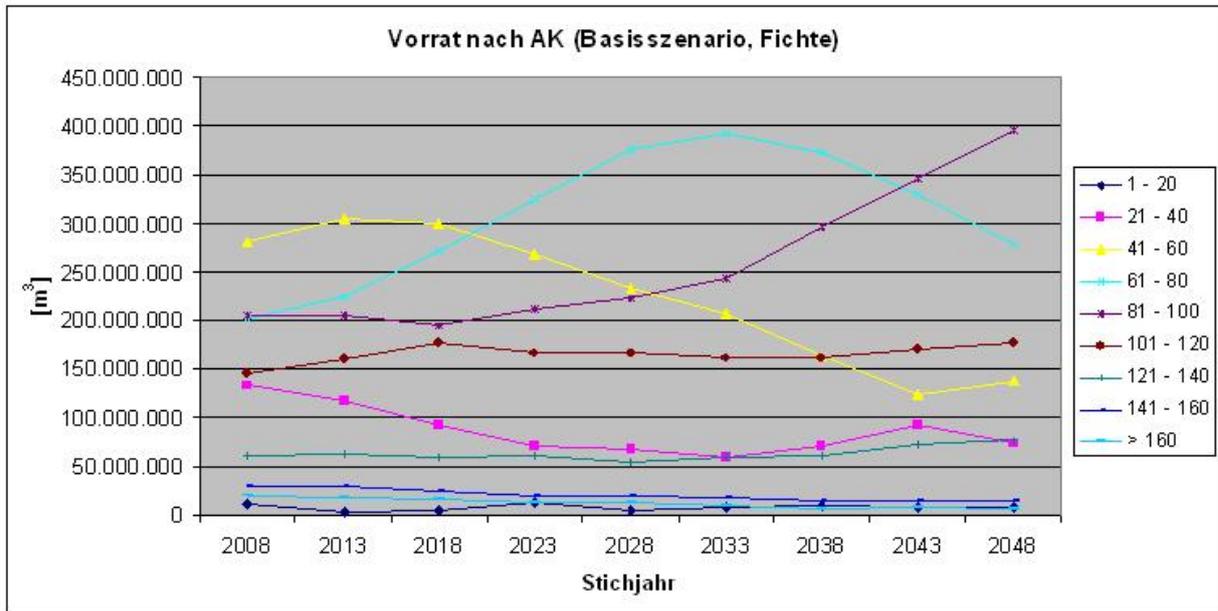


Abbildung C 3: Vorratsentwicklung (Vfm) nach Altersklassen bei der Baumart Fichte

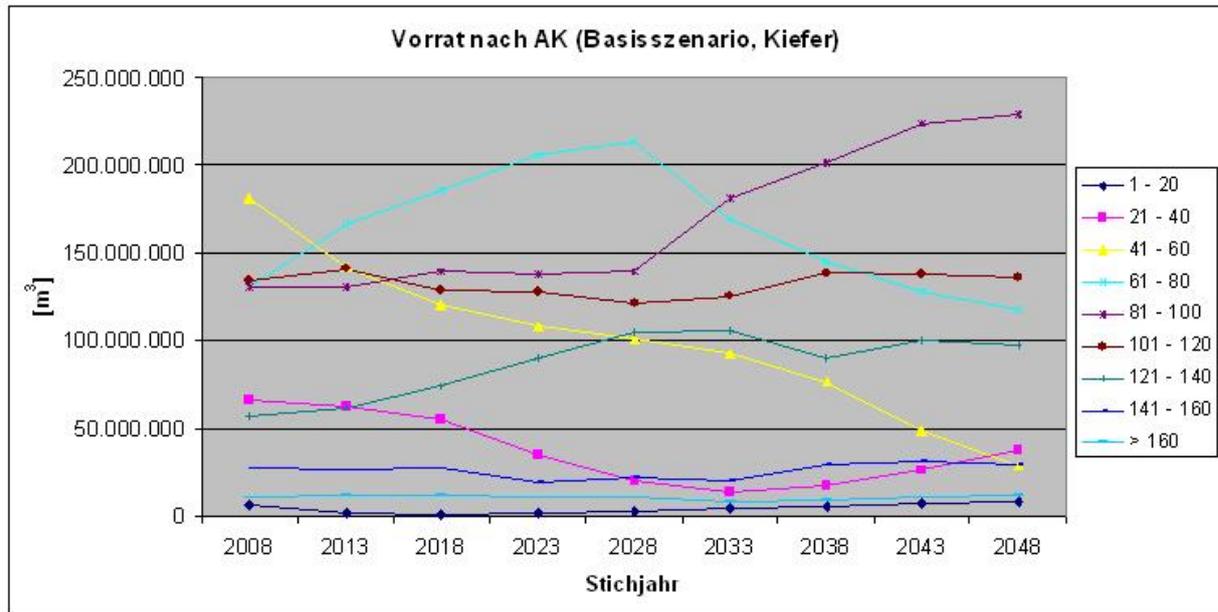


Abbildung C 4: Vorratsentwicklung (Vfm) nach Altersklassen bei der Baumart Kiefer

C2 Zuwächse

Der laufende Zuwachs je Hektar geht bei der Buche von 9,6 auf 8,9 Vfm, bei Eiche von 7,5 auf 6,9 Vfm und bei Kiefer von 8,3 auf 6,8 Vfm zurück. Bei Fichte schwankt der Zuwachs leicht und geht tendenziell etwas zurück (von 14,5 auf 14,2 Vfm).

Bei der Buche steht hierbei einer Zunahme des Zuwachses bei den jungen Altersklassen eine Abnahme bei den mittleren und eine Stagnation bei den hohen AK gegenüber (Abbildung C 5). Die bei der Eiche anfänglich für den Zuwachs dominierenden AK III⁷ und IV verlieren an Bedeutung (Abbildung C 6). Die AK I, II und V nehmen zu. Altbestände verändern ihren Zuwachsanteil nicht. Auch beim Zuwachs der Fichte kann man das „Wandern“ der Nachkriegsaufforstungen durch die Zeit beobachten (Abbildung C 7). Die Zuwachsleistung der AK II, III und IV dominiert am Anfang, wobei die der III. AK stark abnimmt, die der IV. erst zu-, dann abnimmt und die der II. AK abfällt und dort verharret. AK V nimmt in ihrer Bedeutung zu, die anderen AK stagnieren. Die Zuwachsleistung der jungen und mittelalten Kiefernbestände nimmt mit der bekannten „Welle“ ab, dann mit steigender Verjüngung wieder zu (Jungbestände, Abbildung C 8). Die Zuwächse in älteren Beständen stagnieren oder nehmen leicht zu.

⁷ Die Bezeichnung der Altersklassen erfolgt mit römischen Ziffern. AK I umfasst die Altersspanne 1–20 Jahre, AK II 21–40 Jahre, AK III 41–60 Jahre, AK IV 61–80 Jahre, AK V 81–100 Jahre.

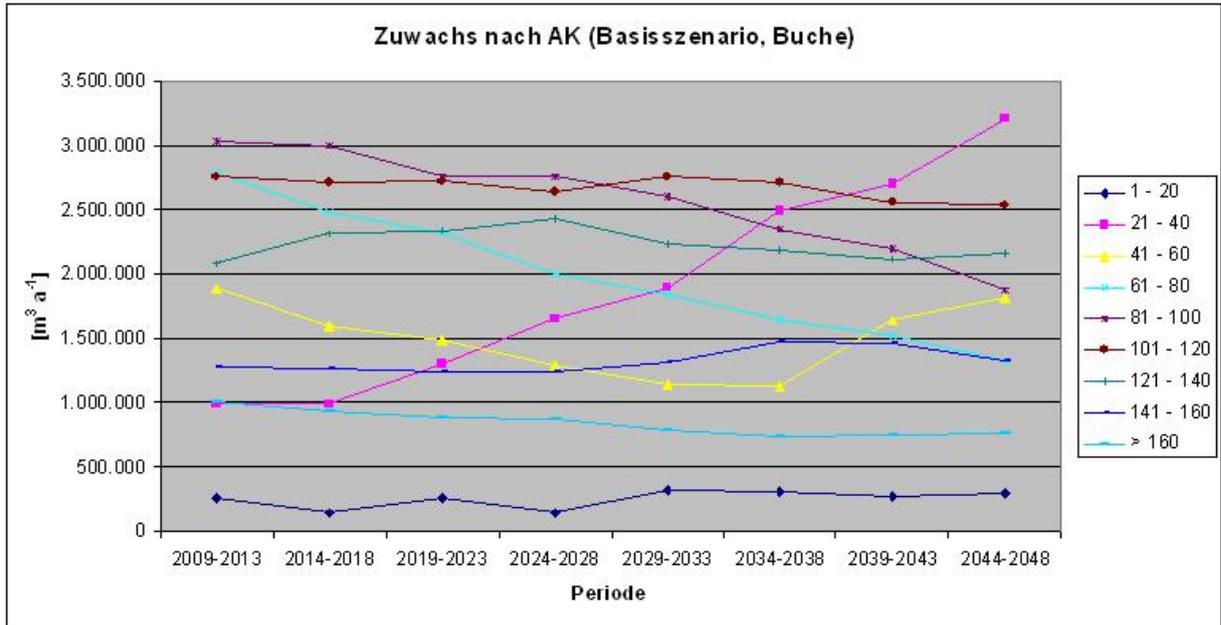


Abbildung C 5: Zuwachsentwicklung (Vfm) nach Altersklassen bei der Baumart Buche

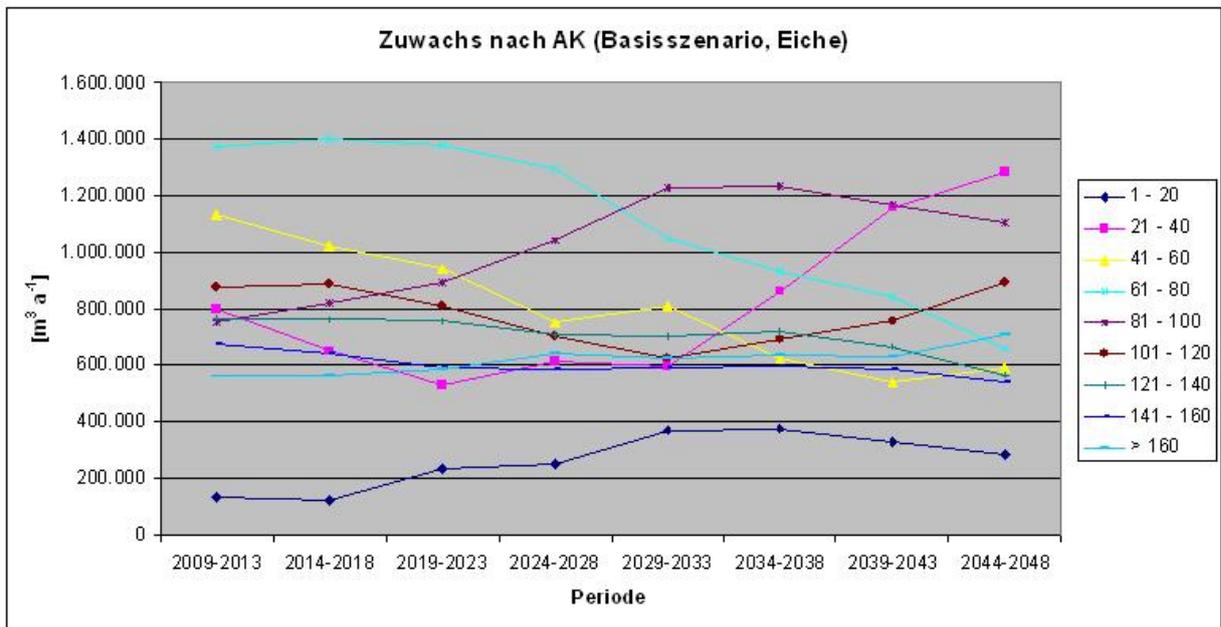


Abbildung C 6: Zuwachsentwicklung (Vfm) nach Altersklassen bei der Baumart Eiche

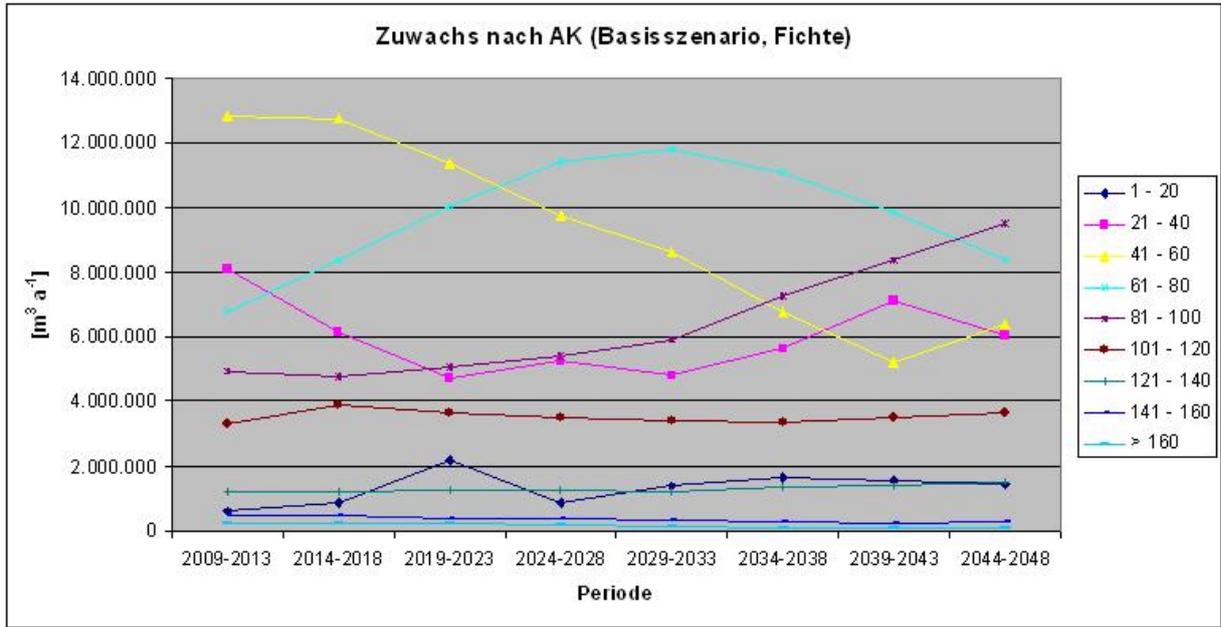


Abbildung C 7: Zuwachsentwicklung (V_{fm}) nach Altersklassen bei der Baumart Fichte

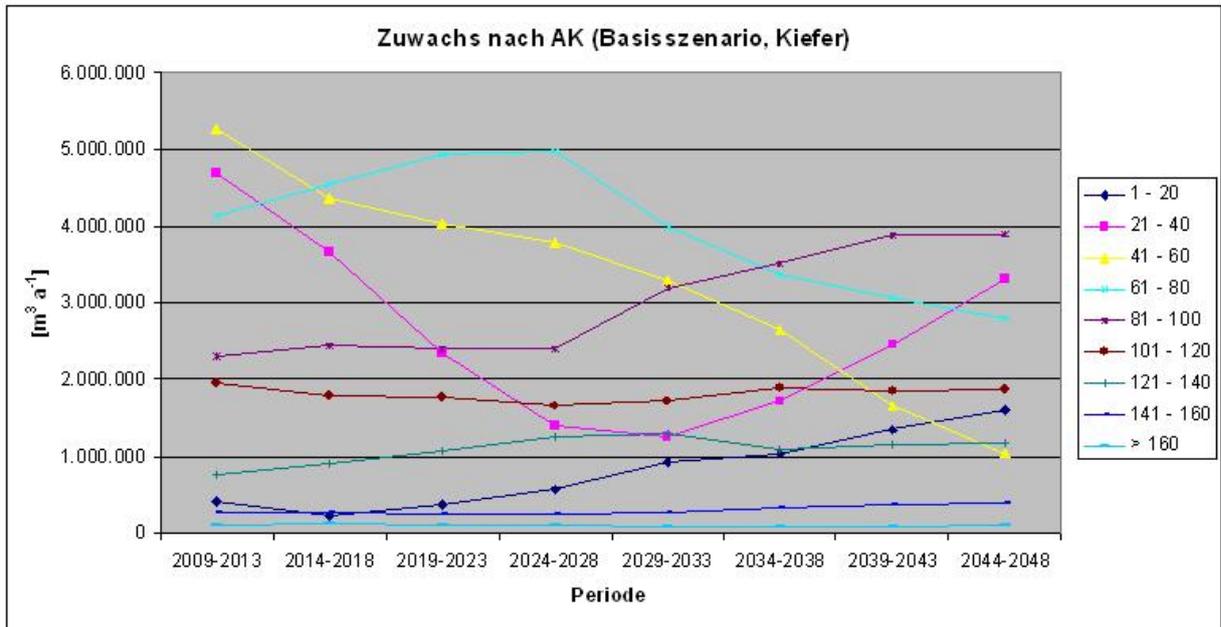


Abbildung C 8: Zuwachsentwicklung (V_{fm}) nach Altersklassen bei der Baumart Kiefer

C3 Rohholzpotenziale

Das bundesweite potenzielle Rohholzaufkommen schwankt zwischen 78,3 Mio. Efm pro Jahr in der ersten 5-Jahresperiode über 76,2 bis 81,7 Efm (in der Mitte des betrachteten Zeitraums). Die Potenziale von Buche und Eiche schwanken stark (zwischen 13,8 und 15,9 bzw. 4,8 und 5,9 Mio. Efm), bei Kiefer fällt es von 14,4 auf 12,0 und steigt wieder auf 15,2 und bei Fichte steigt es von 25,7 auf 30,3, um dann wieder auf 28,6 Mio. Efm zu fallen.

Die Nutzungspotenziale aus jungen Buchenbeständen nehmen leicht zu, die mittelalten leicht ab und die hohen AK oszillieren umeinander (Abbildung C 9), so dass keine großen Verschiebungen in der Sortimentsstruktur zu erwarten sind. Die Eichen-Potenziale schwanken stark und zeigen außer für AK III (-) und AK II (+) keine eindeutigen Trends (Abbildung C 10). Das Nutzungspotenzial der jungen und der ältesten Fichten-AK nimmt jeweils ab (Abbildung C 11), das der mittleren AK nimmt tendenziell zu, wobei sich der Schwerpunkt verschiebt und am Ende des Betrachtungszeitraumes im Schnitt etwas stärkere Sortimente als am Anfang anfallen dürften. Die Potenziale der einzelnen Kiefern-AK schwanken ebenfalls stark (Abbildung C 12). Bei den höheren AK steigen sie tendenziell (fallen bei der höchsten aber auch wieder ab), bei den jüngsten fallen sie und bei den mittleren AK ist kein klarer Trend erkennbar, so dass insgesamt mit leicht steigenden Durchmessern der Erntesortimente gerechnet werden kann.

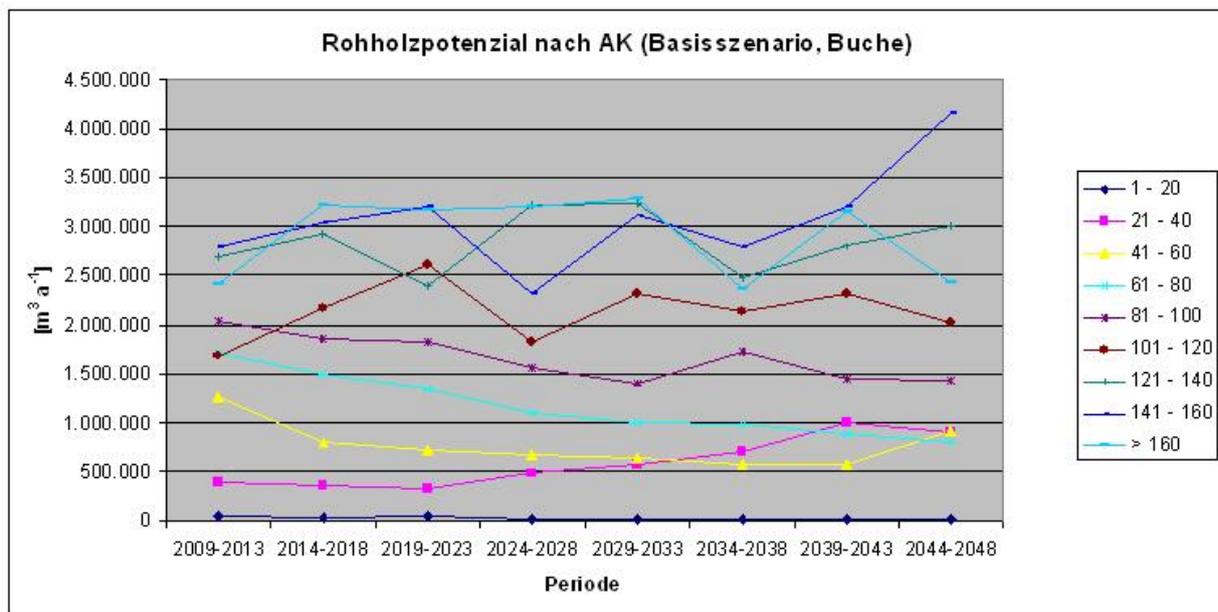


Abbildung C 9: Entwicklung des Rohholzpotenzials (Efm) nach Altersklassen bei der Baumart Buche

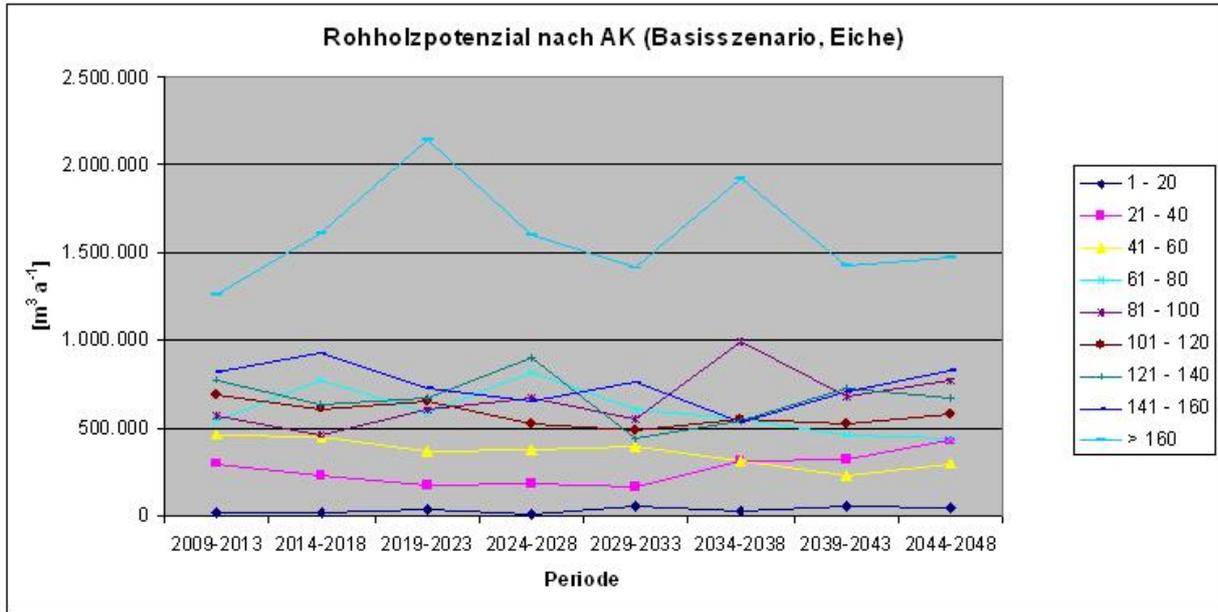


Abbildung C 10: Entwicklung des Rohholzpotenzials (Efm) nach Altersklassen bei der Baumart Eiche

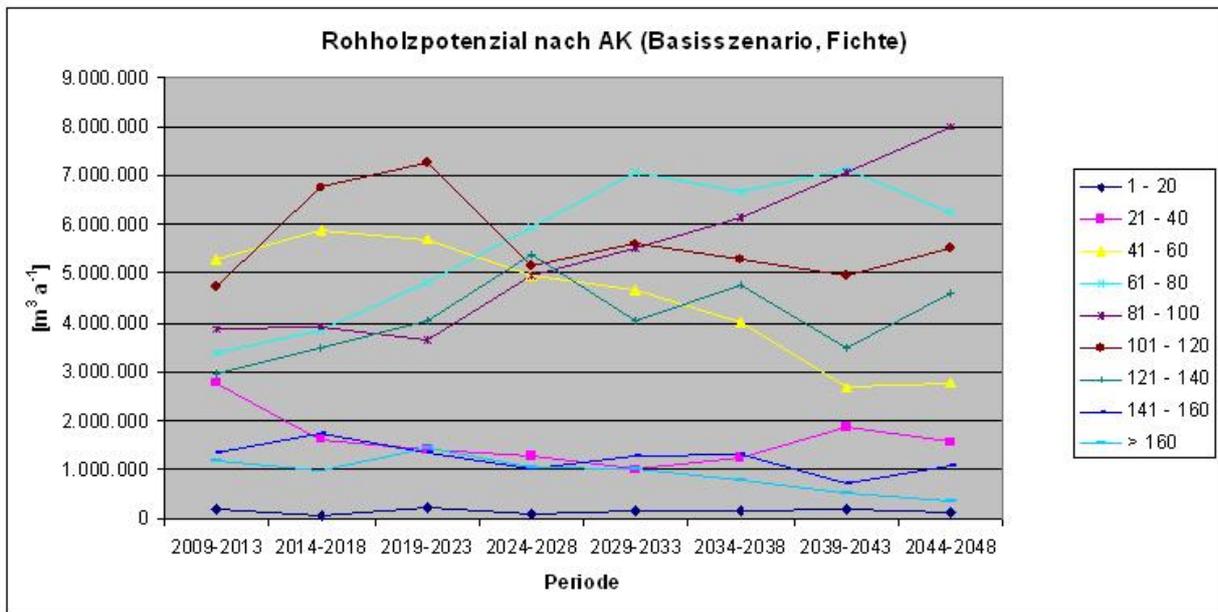


Abbildung C 11: Entwicklung des Rohholzpotenzials (Efm) nach Altersklassen bei der Baumart Fichte

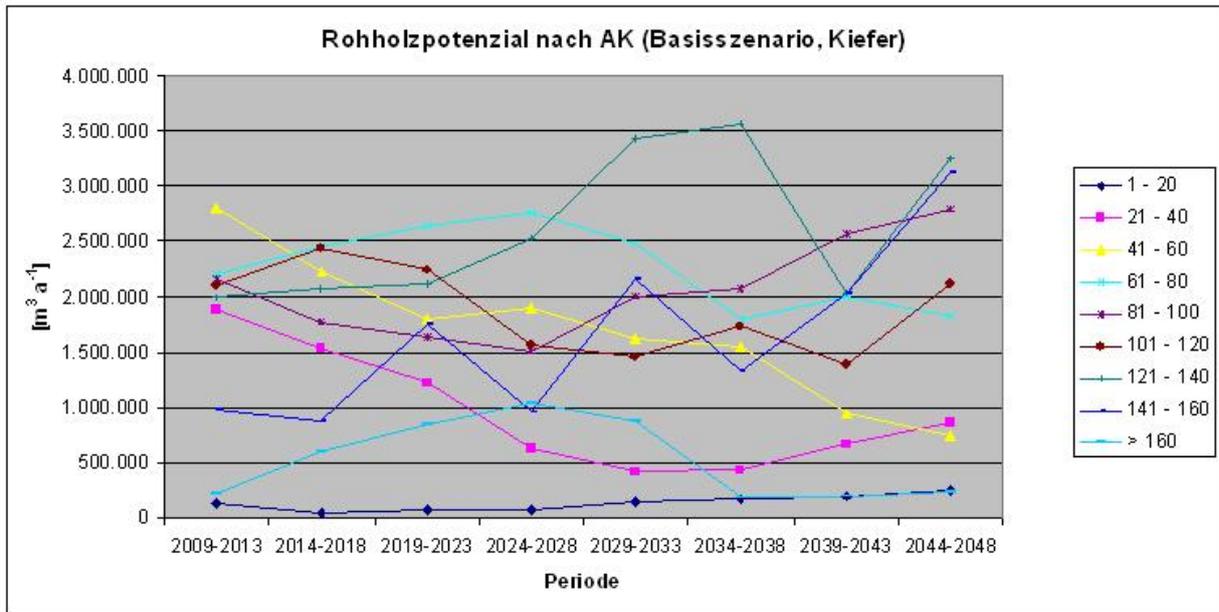


Abbildung C 12: Entwicklung des Rohholzpotezials (Efm) nach Altersklassen bei der Baumart Kiefer

C4 Unterschiede zu den Projektionen auf Basis der BWI 2

Am Ende des vergleichbaren Zeitraumes liegt das Potenzial über alle Baumarten insgesamt 6 % unter den früheren Erwartungen. Bei der Eiche geht es leicht zurück, jedoch nicht so stark wie bei WEHAM 2002 (Abbildung C 13). Bei der Buche (Abbildung C 14) steigt das Potenzial anders als in der älteren Projektion noch an, während es bei der Kiefer anfänglich über den alten Erwartungen liegt und dann leicht zurückgeht (Abbildung C 15). Bei der Fichte ist das Potenzial in den neuen Projektionen von Anfang an niedriger als in den alten. Teilweise liegt es fast 20 % unter den früheren Erwartungen (Abbildung C 16).

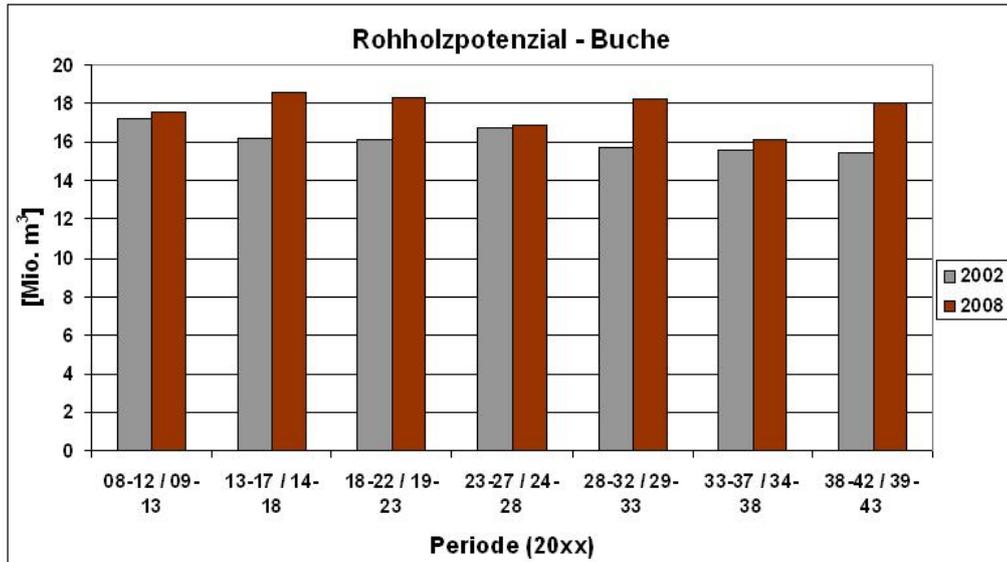


Abbildung C 13: Vergleich des möglichen Rohholzpotenzials (Mio. Efm) WEHAM 2002 / WEHAM 2008 für die Baumart Buche

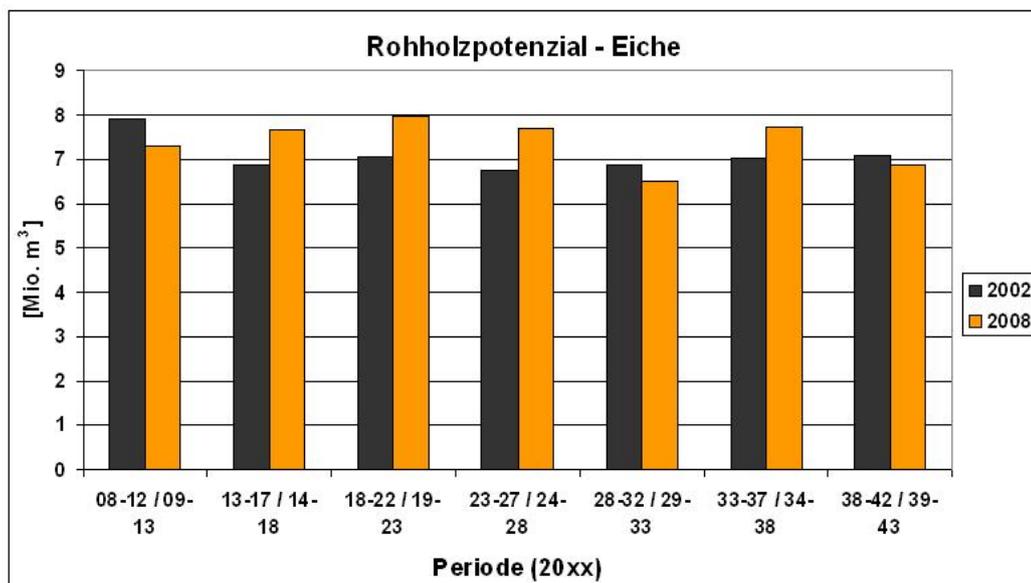


Abbildung C 14: Vergleich des möglichen Rohholzpotenzials (Mio. Efm) WEHAM 2002 / WEHAM 2008 für die Baumart Eiche

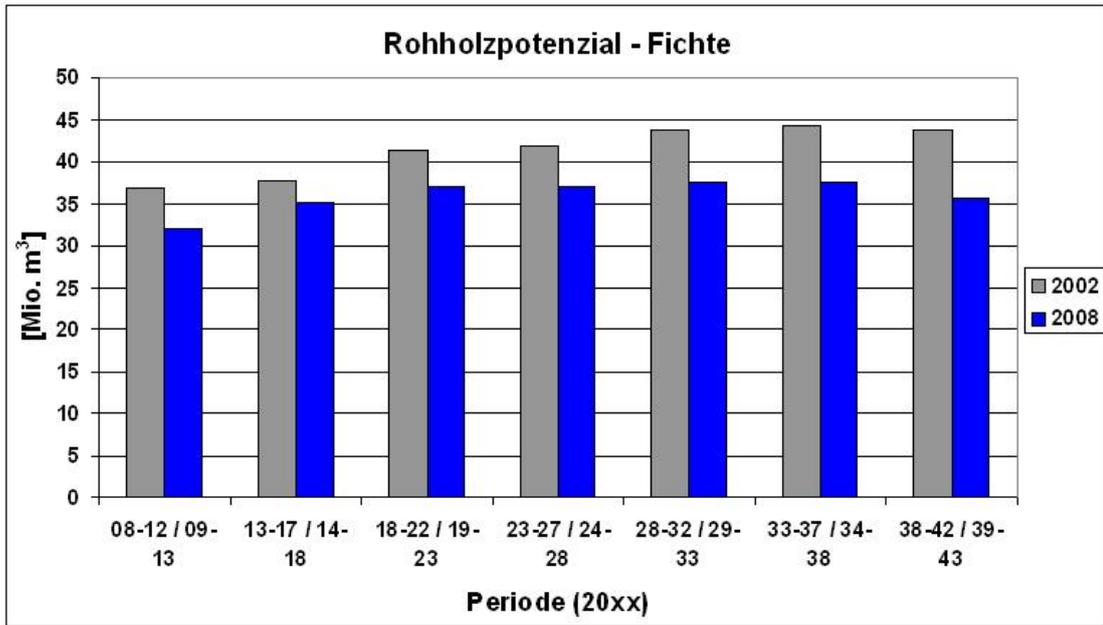


Abbildung C 15: Vergleich des möglichen Rohholzpotenzials (Mio. Efm) WEHAM 2002 / WEHAM 2008 für die Baumart Fichte

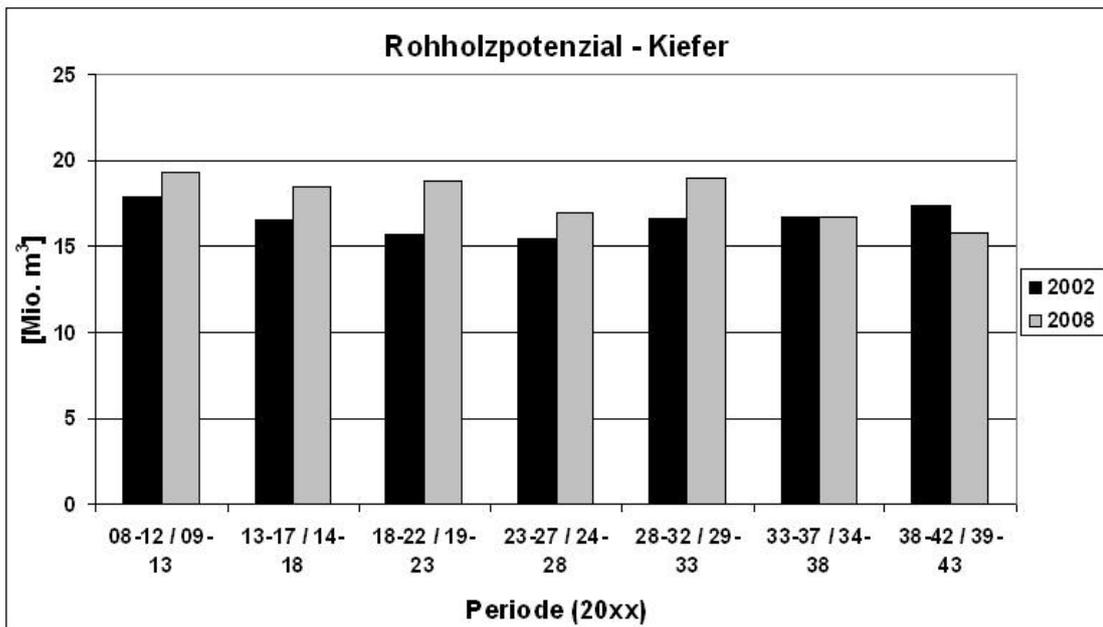


Abbildung C 16: Vergleich des möglichen Rohholzpotenzials (Mio. Efm) WEHAM 2002 / WEHAM 2008 für die Baumart Kiefer

Lieferbare Sonderhefte / Special issues available

311	Mamdoh Sattouf (2007) Identifying the Origin of Rock Phosphates and Phosphorus Fertilisers Using Isotope Ratio Techniques and Heavy Metal Patterns	12,00 €
312	Fahmia Aljmli (2007) Classification of oilseed rape visiting insects in relation to the sulphur supply	15,00 €
313	Wilfried Brade und Gerhard Flachowsky (Hrsg.) (2007) Rinderzucht und Rindfleischerzeugung – Empfehlungen für die Praxis	10,00 €
314	Gerold Rahmann (Hrsg.) (2007) Ressortforschung für den Ökologischen Landbau, Schwerpunkt: Pflanze	12,00 €
315	Andreas Tietz (Hrsg.) (2007) Ländliche Entwicklungsprogramme 2007 bis 2013 in Deutschland im Vergleich – Finanzen, Schwerpunkte, Maßnahmen	12,00 €
316	Michaela Schaller und Hans-Joachim Weigel (2007) Analyse des Sachstands zu Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die deutsche Landwirtschaft und Maßnahmen zur Anpassung	16,00 €
317	Jan-Gerd Krentler (2008) Vermeidung von Boden- und Grundwasserbelastungen beim Bau von Güllelagern Prevention of soil and groundwater contamination from animal waste storage facilities	12,00 €
318	Yelto Zimmer, Stefan Berenz, Helmut Döhler, Folkhard Isermeyer, Ludwig Leible, Norbert Schmitz, Jörg Schweinle, Thore Toews, Ulrich Tuch, Armin Vetter, Thomas de Witte (2008) Klima- und energiepolitische Analyse ausgewählter Bioenergie-Linien	14,00 €
319	Ludger Grünhage and Hans-Dieter Haenel (2008) Detailed documentation of the PLATIN (PLant-ATmosphere Interaction) model	10,00 €
320	Gerold Rahmann und Ulrich Schumacher (Hrsg.) (2008) Praxis trifft Forschung — Neues aus der Ökologischen Tierhaltung 2008	14,00 €
321	Bernd Degen (Editor) (2008) Proceedings of the international workshop “Fingerprinting methods for the identification of timber origins”, Bonn, October 8-9 2007	18,00 €
322	Wilfried Brade, Gerhard Flachowsky, Lars Schrader (Hrsg.) (2008) Legehuhn-zucht und Eierzeugung - Empfehlungen für die Praxis	12,00 €
323	Christian Dominik Ebmeyer (2008) Crop portfolio composition under shifting output price relations – Analyzed for selected locations in Canada and Germany –	14,00 €
324	Ulrich Dämmgen (Hrsg.) (2009) Calculations of Emissions from German Agriculture – National Emission Inventory Report (NIR) 2009 for 2007 Berechnungen der Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft – Nationaler Emissionsbericht (NIR) 2009 für 2007	8,00 €
324A	Tables Tabellen	8,00 €
325	Frank Offermann, Martina Brockmeier, Horst Gömann, Werner Kleinhanß, Peter Kreins, Oliver von Ledebur, Bernhard Osterburg, Janine Pelikan, Petra Salamon (2009) vTI-Baseline 2008	8,00 €
326	Gerold Rahmann (Hrsg.) (2009) Ressortforschung für den Ökologischen Landbau 2008	8,00 €

327	Björn Seintsch, Matthias Dieter (Hrsg.) (2009) Waldstrategie 2020 Tagungsband zum Symposium des BMELV, 10.-11. Dez. 2008, Berlin	18,00 €
328	Walter Dirksmeyer, Heinz Sourell (Hrsg.) (2009) Wasser im Gartenbau Tagungsband zum Statusseminar am 9. und 10. Februar 2009 im Forum des vTI in Braunschweig. Organisiert im Auftrag des BMELV	8,00 €
329	Janine Pelikan, Martina Brockmeier, Werner Kleinhanß, Andreas Tietz, Peter Weingarten (2009) Auswirkungen eines EU-Beitritts der Türkei	8,00 €
330	Walter Dirksmeyer (Hrsg.) (2009) Status quo und Perspektiven des deutschen Produktionsgartenbaus	14,00 €
331	Frieder Jörg Schwarz, Ulrich Meyer (2009) Optimierung des Futterwertes von Mais und Maisprodukten	12,00 €
332	Gerold Rahmann und Ulrich Schumacher (Hrsg.) (2009) Praxis trifft Forschung — Neues aus der Ökologischen Tierhaltung 2009	8,00 €
333	Frank Offermann, Horst Gömann, Werner Kleinhanß, Peter Kreins, Oliver von Ledebur, Bernhard Osterburg, Janine Pelikan, Petra Salamon, Jörn Sanders (2010) vTI-Baseline 2009 – 2019: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland	10,00 €
334	Hans-Dieter Haenel (Hrsg.) (2010) Calculations of Emissions from German Agriculture - National Emission Inventory Report (NIR) 2010 for 2008 Berechnung der Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft - Nationaler Emissionsbericht (NIR) 2010 für 2008	12,00 €
335	Gerold Rahmann (Hrsg.) (2010) Ressortforschung für den Ökologischen Landbau 2009	8,00 €
336	Peter Kreins, Horst Behrendt, Horst Gömann, Claudia Heidecke, Ulrike Hirt, Ralf Kunkel, Kirsten Seidel, Björn Tetzlaff, Frank Wendland (2010) Analyse von Agrar- und Umweltmaßnahmen im Bereich des landwirtschaftlichen Gewässerschutzes vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie in der Flussgebietseinheit Weser	22,00 €
337	Ulrich Dämmgen, Lotti Thöni, Ralf Lump, Kerstin Gilke, Eva Seidler und Marion Bullinger (2010) Feldexperiment zum Methodenvergleich von Ammoniak- und Ammonium-Konzentrationsmessungen in der Umgebungsluft, 2005 bis 2008 in Braunschweig	8,00 €
338	Janine Pelikan, Folkhard Isermeyer, Frank Offermann, Jörn Sanders und Yelto Zimmer (2010) Auswirkungen einer Handelsliberalisierung auf die deutsche und europäische Landwirtschaft	10,00 €
339	Gerald Schwarz, Hiltrud Nieberg und Jörn Sanders (2010) Organic Farming Support Payments in the EU	14,00 €
340	Shrini K. Upadhyaya, D. K. Giles, Silvia Haneklaus, and Ewald Schnug (Editors) (2010) Advanced Engineering Systems for Specialty Crops: A Review of Precision Agriculture for Water, Chemical, and Nutrient - Application, and Yield Monitoring	8,00 €
341	Gerold Rahmann und Ulrich Schumacher (Hrsg.) (2010) Praxis trifft Forschung — Neues aus der Ökologischen Tierhaltung 2010	8,00 €
342	Claus Rösemann, Hans-Dieter Haenel, Eike Poddey, Ulrich Dämmgen, Helmut Döhler, Brigitte Eurich-Menden, Petra Laubach, Maria Dieterle, Bernhard Osterburg (2011) Calculation of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 - 2009 Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 - 2009	12,00 €
343	Katja Oehmichen, Burkhard Demant, Karsten Dunger, Erik Grüneberg, Petra Hennig, Franz Kroihner, Mirko Neubauer, Heino Polley, Thomas Riedel, Joachim Rock, Frank Schwitzgebel, Wolfgang Stümer, Nicole Wellbrock, Daniel Ziche, Andreas Bolte Inventurstudie 2008 und Treibhausgasinventar Wald	16,00 €



Landbauforschung
*vTI Agriculture and
Forestry Research*

Sonderheft 343
Special Issue

Preis / Price 16 €

ISBN 978-3-86576-069-2

