

ARBEITSBERICHT

aus dem Institut für Waldökologie und Waldinventuren

Nr. 2008/1

Die zweite Bundeswaldinventur – BWI² Inventur- und Auswertungsmethoden

Zu den Bundeswaldinventuren 2001 bis 2002 und 1986 bis 1988

Friedrich Schmitz, Dr. Heino Polley, Petra Hennig, Karsten Dunger, Frank Schwitzgebel

Die zweite Bundeswaldinventur – BWI²

Inventur- und Auswertungsmethoden

Zu den Bundeswaldinventur-Erhebungen 2001 bis 2002 und 1986 bis 1988

Vorlage für die englische Übersetzung: The Second National Forest Inventory – NFI². Inventory and Evaluation Methods. BMELV, 2006

Kapitel 6.2.13 überarbeitet

Stand 09.12.2008

0	Vorwort	1
1	Historischer Hintergrund	2
1.1	Forsterhebungen vor der Bundeswaldinventur	2
1.1.1	Forsterhebungen vor 1878	2
1.1.2	Forsterhebungen zwischen 1878 und 1945	2
1.1.3	Forsterhebungen und großräumige Forsteinrichtung nach 1945 bis zur Bundeswaldinventur	3
1.2	Die Bundeswaldinventur	4
1.2.1	Erste Bundeswaldinventur (BWI ¹) von 1986 bis 1990	4
1.2.2	Zweite Bundeswaldinventur (BWI ²) von 2001 bis 2002	4
2	Ziele und gesetzliche Grundlagen der zweiten Bundeswaldinventur	4
3	Stichprobenkonzept	7
3.1	Allgemeines	7
3.2	Netze und Regionalisierungen	11
4	Inventurverfahren	14
4.1.1	Traktvorklärung	14
4.1.2	Geländeaufnahme	15
4.1.3	Zusätzliche Inventurmerkmale der BWI ² gegenüber BWI ¹	17
5	Inventurdurchführung	18
5.1	Zuständigkeiten	18
5.2	Inventurtrupps	18
5.3	Schulung	19
5.4	Datenkontrolle und Aufbereitung	19
6	Auswertung	20
6.1	Herangehensweise bei der Datenauswertung	20
6.2	Ableitung von Merkmalen	21
6.2.1	Überblick	21
6.2.2	Zählfaktor K und repräsentierende Stammzahl von Probestämmen ab 7 cm BHD	24
6.2.3	Baumhöhen von Probestämmen ab 7 cm BHD	26
6.2.4	Volumen von Probestämmen ab 7 cm BHD	28
6.2.5	Repräsentierende Stammzahl von jungen Bäumen	29
6.2.6	Standfläche von Bäumen	29
6.2.7	Flächenanteil ideell / reell	31
6.2.8	Naturnähe der Baumartenzusammensetzung	32
6.2.9	Bestockungstypen	34
6.2.10	Totholzvolumen	35
6.2.11	Waldrandlänge / Bestandesrandlänge	36
6.2.12	Wegelänge	36
6.2.13	Modellierung von Einzelbaumwerten für andere Zeitpunkte	37
6.2.14	Merkmalsdifferenzen zwischen zwei Zeitpunkten	38
6.3	Hochrechnung von Zustandsgrößen	42
6.4	Hochrechnung von Veränderungsgrößen	53
6.4.1	Grundsätzliches	53
6.4.2	Bilanz	59

6.4.3	Zugang und Abgang	63
6.5	Software	70
7	Anhang	71
7.1	Veröffentlichungen zur BWI ² und zur Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung	71
7.2	Literatur	72
7.3	Begriffe / Technical terms	74
7.4	Abkürzungen	79
7.5	Impressum	80
	Abbildung 1: Netzdichten und Stichprobenverfahren	9
	Abbildung 2: Verdichtungsgebiete beider Inventurzeitpunkte	12
	Abbildung 3: Winkelzählprobe nach Bitterlich	17
	Abbildung 4: Wichtigste Messgeräte	19
	Abbildung 5: WZP/ZF4-Plotskizze am Waldrand zur Verdeutlichung der Auswahlwahrscheinlichkeit eines Probebaumes	25
	Abbildung 6: Differenzbildung von Merkmalen auf Objektebene	40
	Abbildung 7: Veränderungen (Bilanz, Zugang, Abgang)	54
	Abbildung 8: Umgang mit fehlenden oder nicht vergleichbaren Daten zweier Inventurzeitpunkte	55
	Abbildung 9: Vereinigungs- und Schnittfläche des Waldes	58
	Tabelle 1: Aggregationsebenen	7
	Tabelle 2: Schätzgenauigkeit	8
	Tabelle 3: Stichprobenumfang nach Ländern bei BWI ²	10
	Tabelle 4: Netzkennung	13
	Tabelle 5: Verdichtungsgebiete	13
	Tabelle 6: Herleitung von Repräsentationsfaktor und Gesamtfläche für Verdichtungsgebiete in Regionen	14
	Tabelle 7: Auswahlverfahren, Objekte und Merkmale	21
	Tabelle 8: Bezeichnungen, Maßeinheiten und Notation für Merkmale	23
	Tabelle 9: Koeffizienten für die Einheitshöhenkurvengleichungen	28
	Tabelle 10: Die Konstanten der Standflächenformel	31
	Tabelle 11: Naturnähe der Baumartenzusammensetzung - Bewertungsschema	33
	Tabelle 12: Bestockungstypen und führende Baumart	34
	Tabelle 13: Parameter der Trendfunktion nach Sloboda	38
	Tabelle 14: Beispiele für Zustandsgrößen bei BWI ² und notwendige Inputs für die Hochrechnung	43
	Tabelle 15: Beispiele für Klassifizierungen von Auswertungsgebieten und Auswertungseinheiten	47
	Tabelle 16: Überblick über Hochrechnungen für verschiedene Klassifizierungen an einem Beispiel	48
	Tabelle 17: Hochrechnungsalgorithmus von Zustandsgrößen	49
	Tabelle 18: Anzahl Traktecken für Hochrechnungen von Veränderungsgrößen je Verdichtungsgebiet	56
	Tabelle 19: Korrekturformeln für die Summen	57
	Tabelle 20: Überblick über Bilanz-Hochrechnungen für unterschiedliche Klassifizierungen	60
	Tabelle 21: Hochrechnungsalgorithmus von Bilanzgrößen	61
	Tabelle 22: Anzahl der WZP/ZF4-Probeebäume für Zuwachs, Abgang, Nutzung	64
	Tabelle 23: Beispiele für Abgangsgrößen bei BWI ² und notwendige Inputs für Hochrechnung	66
	Tabelle 24: Beispiele für Zugangsgrößen bei BWI ² und notwendige Inputs für Hochrechnung	68

0 Vorwort

Die Bundeswaldinventur erfasst die großräumigen Waldverhältnisse und forstlichen Produktionsmöglichkeiten in Deutschland in allen Ländern und Eigentumsarten nach gleichem Verfahren. Die erste Bundeswaldinventur wurde in den Jahren 1986 bis 1988 (Stichjahr 1987) durchgeführt. Eine Wiederholung wurde notwendig zur Erfassung der Veränderungen im Wald und wegen der Wiedervereinigung der Bundesrepublik Deutschland mit der Deutschen Demokratischen Republik im Jahr 1990 und der damit verbundenen Vergrößerung der Waldfläche Deutschlands. Die zweite Bundeswaldinventur (BWI²) wurde 15 Jahre nach der Erstinventur zum Stichjahr 2002 vorgenommen.

Dieser Band dokumentiert die Methoden der Inventurdurchführung und der Auswertung der BWI². Sie richtet sich an Inventurspezialisten und soll Ihnen die Methoden nachvollziehbar machen und bei der Bewertung der Auswertungen helfen. Außerdem soll sie die Vorbereitung von Nachfolgeerhebungen erleichtern. Anderen Erhebungen mag sie als Vergleich dienen. Die Herleitung der Formeln sind nicht Gegenstand dieses Werkes, s. hierzu DAHM 2006. Der Band wurde als Übersetzungsvorlage für die englischsprachige Darstellung der Inventur- und Auswertungsmethoden im Jahr 2006 erstellt, in einem Kapitel korrigiert und nun als Arbeitsbericht des vTI veröffentlicht.

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

1 Historischer Hintergrund

Seit 1878 wird der Wald in Deutschland periodisch durch Forsterhebungen erfasst. Da der Wald sich ständig verändert, sind die Erhebungsergebnisse regelmäßig zu aktualisieren. Die BWI² liefert erstmals detaillierte, statistisch belastbare Ergebnisse zur Waldfläche, zum Holzvorrat, zu dendrometrischen Kennwerten und zu vielen weiteren Merkmalen der Wälder für ganz Deutschland nach der Wiedervereinigung.

1.1 Forsterhebungen vor der Bundeswaldinventur

1.1.1 Forsterhebungen vor 1878

Bis weit in das 19. Jahrhundert hinein war die landwirtschaftliche Nutzung des Waldes ebenso wichtig wie die Holzgewinnung. Der Wald diente der Viehmast und als Viehweide. Zudem lieferte er Stall-Einstreu, die dann als Dünger verwendet wurde. Menschen sammelten Waldpflanzen und -früchte als Nahrung. Im Laufe der Jahrhunderte entwickelte sich der Wald zunehmend zum Wirtschaftsfaktor: Holz gewann als Brenn-, Bau- und Werkstoff an Bedeutung. Der Bedarf an diesem nachwachsenden Rohstoff stieg mit dem Bevölkerungswachstum und der Urbanisierung rasch an. Vor allem Bergwerke, Eisen- und Glashütten sowie Salinen und Handwerksbetriebe hatten seit dem 14. und 15. Jahrhundert einen enormen Holzbedarf. Aber auch Holzeinschlag und Brandrodungen für die Feld-Wald-Wirtschaft bedrohten die Wälder. Sie wurden übernutzt und ihre Fläche nahm ab. Einschränkungen der Waldnutzung und erste waldbauliche Maßnahmen sollten die drohende Holznot und Waldverwüstungen abwenden. Bereits zu dieser Zeit wurden die ersten Forsterhebungen durchgeführt. Dabei stand die Erfassung der Waldflächen im Vordergrund. Seit Anfang des 19. Jahrhunderts wurden forststatistische Daten im Rahmen agrarstatistischer Erhebungen ermittelt. Ihr Informationsgehalt war jedoch gering, beschränkte sich die Waldstatistik doch auf eine forstliche Betriebsstatistik, die im Wesentlichen die Zahl sowie die Fläche der Betriebe mit Waldbesitz einschloss.

1.1.2 Forsterhebungen zwischen 1878 und 1945

1878 fand die erste das gesamte Gebiet des damaligen Deutschen Reichs erfassende Forsterhebung als Zusammenführung behördlicher Statistiken statt. Obwohl als eine reine Waldflächenermittlung ohne Angaben zu Eigentumsarten oder Waldzustand durchgeführt, hatte sie doch große Bedeutung für die forstwirtschaftliche Planung. Sie wurde periodisch wiederholt. Der Bundesrat des Deutschen Reichs beschloss am 7. Juli 1892, diese Erhebung alle zehn Jahre durchzuführen. Im Laufe der Zeit wurde die Forsterhebung immer detaillierter. Die Methodik wurde weiterentwickelt und verbessert. Abfragen bei örtlichen Forst- und Gemeindebehörden sowie Schätzungen ergänzten allmählich die Auswertungen von Kataster- oder Steuerunterlagen. Auch Art und Zahl der Erhebungsmerkmale änderten sich mit den Jahren. Wurden 1883 nur die Waldfläche, die Holz-, Betriebs- und Besitzart erfasst, kamen ab 1900 Aussagen über die Altersklassen, die Erträge der letzten zehn Jahre, Waldformen und die verschiedenen Genossenschaftsformen hinzu. So konnte die Aussagekraft der Erhebungen deutlich verbessert werden. Allerdings litt durch diese Änderungen die Vergleichbarkeit der verschiedenen Forststatistiken.

Die umfassendsten Informationen lieferte die 1937 durchgeführte Forsterhebung über den Zustand und den Ertrag der Länder des Deutschen Reichs.

1.1.3 Forsterhebungen und großräumige Forsteinrichtung nach 1945 bis zur Bundeswaldinventur

In den ersten Jahren nach dem Zweiten Weltkrieg waren zuverlässige Daten über den Wald, insbesondere über den Holzvorrat, von hohem Wert: Im Ruhrgebiet wurden gewaltige Mengen Grubenholz für den Kohlenbergbau benötigt, Holz wurde als Reparationsleistung geschlagen oder zum Heizen verwendet. Der Alliierte Kontrollrat ordnete 1946 in allen vier Besatzungszonen eine Bestandesinventur an, um die Holzvorräte zu ermitteln. Diese war jedoch aufgrund der Uneinheitlichkeit und Unvollständigkeit der Ergebnisse unbrauchbar.

Zwei Jahre später, 1948, wurde eine zweite Forsterhebung in der amerikanischen und britischen Besatzungszone durchgeführt, die 1950 auch auf die Länder der französischen Besatzungszone ausgedehnt wurde. Auch diese Erhebung wies methodische Mängel auf. Jedoch wurde hier zum ersten Mal versucht, den Holzvorrat getrennt nach Baumarten und Altersklassen zu ermitteln.

Der Zweite Weltkrieg und die Nachkriegszeit führten in der Deutschen Demokratischen Republik (DDR) zu starken Verschiebungen der Waldeigentumsverhältnisse. Die Daten der Forsterhebung von 1937 waren überholt. Daher beschloss die Deutsche Wirtschaftskommission, in der sowjetischen Besatzungszone eine erste umfassende Forsterhebung (Beginn 1. April 1949) durchzuführen, um eine Übersicht über die forstlichen Verhältnisse für einzelne Struktureinheiten und die gesamte DDR zu erhalten und die Grundlagen für eine neue Forsteinrichtung zu schaffen. Alle Waldflächen größer als 0,5 Hektar wurden erfasst nach Flächengröße, Eigentumsart, Baumart, Ertragsklasse, Bodenart, Holzgüteklasse und Nichtholzboden.

Die DDR führte aufbauend auf Arbeiten von 1956 bis 1957 in den Jahren 1961 bis Anfang der 1970er Jahre forstliche Großrauminventuren zum Holzvorrat auf Stichprobenbasis durch.

In der Bundesrepublik Deutschland wurden von April 1961 bis März 1962 die Daten für die erste Forsterhebung mit Stichtag 1. Oktober 1960 erfasst. Grundlage waren das Gesetz über eine Betriebszählung in der Land- und Forstwirtschaft vom 13. April 1960 und die Verordnung über die Forsterhebung der Landwirtschaftszählung 1960 vom 3. März 1961. Diese Forsterhebung erstreckte sich auf das Gebiet der alten Länder einschließlich West-Berlin und erfasste die Holzbodenfläche ab 0,5 Hektar. Die Erhebung wurde nach dem Betriebsprinzip durchgeführt, d. h. alle zu einer Wirtschaftseinheit (Betrieb) gehörenden Flächen und Merkmale wurden in der Gemeinde, in der sich der Betriebssitz befand, nachgewiesen. Ziel war die Erhebung der Besitzverhältnisse, der Betriebsplanung, der Betriebsflächen und deren Nutzung nach Betriebs- und Baumarten und der Arbeitskräfte.

Die Informationen wurden erstmals per Fragebogen bei Waldbesitzern und Forstämtern erhoben. Neue Erhebungsmerkmale wurden eingeführt: u. a. Plenterwald nach Vorratsklassen, Hiebsatz der Betriebe, Gemeinschaftsforsten des öffentlichen und privaten Rechts, forstliche Zusammenschlüsse der Privatforsten, Forstbetriebsflächen. Die Ergebnisse wurden von den Statistischen Landesämtern ausgewertet und aufbereitet. Das Statistische Bundesamt in Wiesbaden veröffentlichte sie 1964 und 1966 in vier Berichten. Natürliche Abläufe und anthropogene Einflüsse, aber auch Katastrophen wie die gewaltigen Orkane in den Jahren 1967, 1972 und 1984 oder die großen Schneebruchschäden im Winter 1981/82 veränderten den Wald in den nachfolgenden Jahren. Damit entstand Bedarf nach einer neuen Erhebung der großräumigen Waldverhältnisse.

Die DDR baute ab 1970 den Datenspeicher Waldfonds (DSWF) auf, eine flächendeckende Forsteinrichtungsdatenbank, in der Bestockungs- und Standortsinformationen sowie Planungsdaten nach einem einheitlichen Verfahren für den gesamten Volkswald sowie den betreuten Wald anderer Eigentumsformen erfasst wurden. Nichtholzbodenflächen, die zum Forstgrund gehören, waren nicht im DSWF enthalten. Die Bestockungsinformationen waren auf Teilflächen (den Bestand) bezogen. Der DSWF wurde zentral für alle staatlich bewirtschafteten Flächen in der DDR gepflegt und enthielt umfangreiche Daten zum Zustand und zur geplanten Bewirtschaftung der Wälder. Die Zustandsdaten sollten durchschnittlich alle zehn Jahre erhoben und in den dazwischen liegenden Jahren mithilfe eines Zuwachsmodells und auf Basis von Änderungsmeldungen der Forstbetriebe jährlich fortgeschrieben werden.

Die Forsteinrichtungsdaten der Militärforstbetriebe und der Kirchenforsten wurden in eigenen Datenspeichern geführt. Die Forsteinrichtungsdatei der Kirchenforste wurde bis zum 1. Januar 1991, der DSWF bis zum 1. Januar 1993 aktualisiert. Für die Flächen in Verwaltung der Militärforstbetriebe der DDR wurde 1987 eine Waldinventur durchgeführt. Die Forsteinrichtungsdateien der Militärforstbetriebe wurden bis zum 1. Januar 1989 ergänzt.

1.2 Die Bundeswaldinventur

1.2.1 Erste Bundeswaldinventur (BWI¹) von 1986 bis 1990

Mitte der 70er Jahre begann in der Bundesrepublik Deutschland eine Diskussion über die sinnvolle Weiterentwicklung der Forsterhebung 1960, in deren Ergebnis 1984 die gesetzliche Grundlage für die Bundeswaldinventur geschaffen wurde (siehe Kapitel 2). Befragungen und Schätzungen sollten endgültig aufgegeben und durch eine deutschlandweite Datenerhebung auf Stichprobenbasis nach mathematisch-statistischen Methoden abgelöst werden. Damit sollte bis zum Jahre 1990 - und somit fast 30 Jahre nach der letzten Erhebung - eine umfassende und zuverlässige Datenbasis für forstpolitische und handelspolitische Entscheidungen geschaffen werden. Insbesondere ging es um die Sicherung und Stärkung der Rohstoff-Funktion des Waldes sowie um die Erhaltung seiner Schutz- und Erholungsfunktion. Nach langjähriger Vorbereitungsphase wurden von 1986 bis 1988 die Daten der ersten Bundeswaldinventur (BWI¹) in der Bundesrepublik Deutschland (Gebietsstand vor dem 3.10.1990 einschließlich West-Berlin) erhoben. Diese auf einer Stichprobenbasis nach mathematisch statistischen Methoden ausgeführte Großrauminventur (Stichtag 1.10.1987) ließ erstmals Aussagen zu großräumigen Einheiten, wie z. B. regionalen Wirtschaftsräumen zu. Sie vermittelte einen Überblick über die großräumigen Waldverhältnisse und forstlichen Produktionsmöglichkeiten in den alten Ländern.

Alle bei der BWI¹ angelegten Probepunkte wurden dauerhaft, jedoch nicht offen sichtbar, markiert und die Koordinaten sämtlicher Probebäume ab 10 cm BHD wurden zu ihrer eindeutigen Identifikation eingemessen. Damit wurde die Grundlage für spätere Wiederholungsaufnahmen identischer Stichprobenobjekte und somit für eine hohe Zuverlässigkeit künftiger Auswertung von Veränderungen, Zuwachs und Nutzungen geschaffen. Noch bevor die BWI¹ ausgewertet war, entstand durch die deutsche Wiedervereinigung im Jahre 1990 neuer Informationsbedarf. Die BWI¹ konnte jedoch in den neuen Ländern nicht nachgeholt werden, da der zeitliche Abstand zu ihr bereits zu groß war. Deshalb sollte die Erstinventur in den neuen Ländern mit einer Folgeinventur in den alten Ländern verbunden werden. Als Zwischenlösung wurden die Waldverhältnisse in den neuen Ländern anhand des Datenspeichers Waldfonds mit dem Stichtag 1.1.1993 analog zur BWI¹ ausgewertet. Dennoch konnte nur eine eingeschränkte Vergleichbarkeit erreicht werden, da die Auswertung auf einer völlig andersartigen Datenlage beruhte. Während bei der BWI¹ relativ wenige Stichproben sehr genau aufgenommen wurden, enthielt der DSWF weniger genaue Angaben zu etwa einer Million Beständen. Außerdem fehlten im DSWF Angaben über Sortenstruktur, Wildschäden, Stammschäden und Walderschließung. Die Genauigkeit der BWI¹ ließ sich durch ihren Stichprobenfehler abschätzen; bei der Auswertung der Datenspeicher spielten neben Aufnahme- und Fortschreibungsfehler eine große Rolle.

1.2.2 Zweite Bundeswaldinventur (BWI²) von 2001 bis 2002

Bund und Länder beschlossen, eine neue gesamtdeutsche Waldinventur durchzuführen, um die großräumigen Waldverhältnisse und forstlichen Produktionsmöglichkeiten für das gesamte Bundesgebiet nach der deutschen Wiedervereinigung zu erheben. Wegen der historischen Entwicklung ist sie im früheren Bundesgebiet eine Wiederholungsaufnahme und in den neuen Ländern eine Erstinventur. Die Daten der BWI² wurden ab Oktober 2000 bis Ende 2002 erhoben und bis 2004 geprüft und vielfältig ausgewertet. Darüber hinaus sind weitere Auswertungen möglich.

2 Ziele und gesetzliche Grundlagen der zweiten Bundeswaldinventur

Die nachhaltige Bewirtschaftung des Waldes und eine Politik, die diese Bewirtschaftung fördert, verlangen Kenntnisse über Zustand, Struktur, Dynamik und Leistungsfähigkeit der Wälder auf betrieblicher, regionaler und nationaler Ebene. Sie sind nicht nur Basis für Arbeits- und Finanzplanungen, sondern haben auch Einfluss auf viele andere Bereiche, wie z. B. die Wirtschafts-, Verkehrs-, Umwelt- und Strukturpolitik. Die BWI liefert diese wichtigen Informationen über die großräumigen Waldverhältnisse und forstlichen Produktionsmöglichkeiten des deutschen Waldes. Darüber hinaus erlauben

diese Informationen, den wachsenden Verpflichtungen Deutschlands im internationalen Klimaschutz nachzukommen, forstliche Belange in der Europäischen Union zu vertreten sowie durch aktuelle und umfassende Kenntnisse über die nationalen Ressourcen den internationalen Handel zu bedienen.

Im Detail verfolgt die BWI² folgende Ziele:

- Schaffung einer umfassenden Informationsquelle über den deutschen Wald durch eine methodisch einheitliche Erfassung des Waldes,
- Beschreibung des Waldes durch klassische Inventurergebnisse, z. B. Waldfläche, Vorkommen der Baumarten, Holzvorrat, Holznutzung, Zuwachs. Bisher gab es auf nationaler Ebene keine Informationen über den Zuwachs und die Holznutzung. Diese werden jedoch benötigt, um die Nachhaltigkeit der Waldbewirtschaftung beurteilen zu können.
- Beurteilung der ökologischen Stabilität des Waldes auf Grundlage neuer Inventurmerkmale wie Naturnähe der Baumarten-Zusammensetzung, Totholzmenge, Waldränder oder Ausbildung der Bodenvegetation,
- Darstellung der bisherigen Entwicklung der Waldfläche, Baumartenanteile, Holzvorräte etc. durch die Wiederholung der BWI in den alten Ländern,
- Bereitstellung von Bezugswerten für Waldforschung, Klimafolgenforschung und forstliches Umweltmonitoring,
- Datengrundlage für die Abschätzung des Holznutzungspotenzials für die nächsten Jahrzehnte sowie für die Entwicklung von Prognosemodellen zur Waldentwicklung,
- Ergebnisdarstellung für Deutschland und für die einzelnen Länder, ggfs. auch Aussagen für andere räumliche Einheiten.

In Deutschland sind die Länder für die Forstwirtschaft zuständig (Art. 30 Grundgesetz (GG)). Nur wenige Länder haben Landeswaldinventuren durchgeführt, um forstpolitische Aufgaben und holzmarktpolitische Maßnahmen zu planen. Es sind zu wenig Landesinventuren und zu unterschiedliche Erhebungsverfahren für ein befriedigendes, ausreichend belastbares Bundesergebnis. Auf Grund der gemeinsamen forstpolitischen Absichten von Bund und Ländern und der Notwendigkeit, sich hierfür auf eine belastbare Datenbasis zu stützen, entschlossen sich Bund und Länder, eine deutsche Großrauminventur durchzuführen.

Der Bund hat bei der konkurrierenden Gesetzgebung eine Gesetzgebungskompetenz im forstlichen Bereich. Er macht nach Art. 72 Abs. 2 GG von dieser Kompetenz Gebrauch, soweit ein Bedürfnis für eine bundesgesetzliche Regelung besteht. Die konkurrierende Gesetzgebung erstreckt sich u. a. auf die Förderung der land- und forstwirtschaftlichen Erzeugung (Art. 74, Nr. 17 GG). Das Bundeswaldgesetz vom 2. Mai 1975 (BGBl. I S. 1037), zuletzt geändert durch Artikel 204 V des Gesetzes vom 29. Oktober 2001 (BGBl. I S. 2785) definiert Ziele zur Erhaltung des Waldes und zur Förderung der Forstwirtschaft. Sein Zweck (§ 1) ist es u. a., die ordnungsgemäße und nachhaltige Bewirtschaftung des Waldes zu sichern und die Forstwirtschaft zu fördern.

Die Kenntnis der Waldfläche und weitere Informationen zum Wald sind unentbehrlich für sämtliche umwelt- und waldbezogenen Statistiken, Planungen und für eine aktive Forstpolitik. Ihre periodische Erhebung ist daher unerlässlich. 1984 wurde daher der § 41 a zur Bundeswaldinventur in das bestehende Bundeswaldgesetz eingefügt.

Die nach § 41a Abs. 4 erlassene Verordnung über die Durchführung einer zweiten Bundeswaldinventur (Zweite Bundeswaldinventur-Verordnung) vom 28. Mai 1998 (BGBl. I S. 1180) legt den Zeitpunkt (Stichtag 1. Oktober 2002), das Stichprobennetz und die zu erhebenden Grunddaten fest.

Die Bundesregierung kann mit Zustimmung des Bundesrates allgemeine Verwaltungsvorschriften erlassen, um Rechtsverordnungen weiter zu konkretisieren (Art. 84 GG). In der am 17. Juli 2000 erlassenen Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Bundeswaldinventur II (BANz. Nr. 146a vom 5. August 2000) sind die technischen Einzelheiten und das Verfahren zur Zweiten Bundeswaldinventur-Verordnung dargestellt. Sie gibt einen Überblick über die Organisation der Bundeswaldinventur, erläutert das Inventurverfahren, beschreibt die vor den Geländearbeiten durchzuführende Traktvorklärung, legt fest, wie die Erhebungseinheiten im Wald eingemessen werden und bestimmt, wie die Daten im Wald zu erheben sind. Die Technische Anleitung ergänzt zur Sicherung einer bundeseinheitlichen Durchführung der BWI² die Zweite Bundeswaldinventur-Verordnung und die Allgemeine Verwaltungsvorschrift. Darüber hinaus dokumentiert sie die Erhebung und Auswertung mit Blick auf eine eventuelle dritte Inventur. Sie enthält u. a. die Nutzeranleitung für das Datenmanagement der Landesinventurleitung und für die Datenerfassungssoftware. Die Auswertungsalgorithmen,

die Ergebnisdarstellung und Informationen zum BWI²-Hochrechnungsprogramm inklusive der Datenschnittstelle komplettieren diese technischen Details. Schließlich ermöglicht die Technische Anleitung eine schnelle Einarbeitung neuer Mitarbeiter und erleichtert den Erfahrungsaustausch zwischen den Ländern. Aus der Verwaltungsvorschrift und Teilen der Technischen Anleitung wurde eine Aufnahmeanweisung erstellt.

3 Stichprobenkonzept

3.1 Allgemeines

Die Bundeswaldinventur (BWI) ist eine systematische einstufige Klumpenstichprobe mit regional unterschiedlicher Stichprobendichte. Sie ist in den alten Ländern eine Wiederholungsinventur, in den neuen Ländern hingegen eine Erstinventur.

Aus den Stichprobendaten werden durch Hochrechnungen über verschiedene Ebenen Schätzwerte für die Grundgesamtheit ermittelt. Die Stichprobe wird als Zufallsauswahl betrachtet und die systematische Anordnung der Trakte wird vernachlässigt. Die Aggregationsebenen sind in Tabelle 1 beschrieben.

Tabelle 1: Aggregationsebenen

Objekt	z.B.: Baum, Totholzstück, Weg, Baumart (bei der Berechnung von Baumartenanteilen in der WZP1/2)	Laufindex z, $z = 1 \dots Z$
Traktecke, Plot	Vier Traktecken je Trakt, bei einem Grenztrakt (Grenze zu Ausland oder Verdichtungsgebieten oder räumlichen Einheiten) weniger	Laufindex j, $j = 1 \dots M$
Cluster	Trakt oder Traktabschnitt, wenn der Trakt durch eine Grenze zwischen mehreren Ländern oder unterschiedlichen Verdichtungsgebieten geteilt wird	Laufindex i, $i = 1 \dots N$ innerhalb des gesamten Inventurgebietes, $i = 1 \dots n$ innerhalb eines Verdichtungsgebietes
Verdichtungsgebiet	Gebiet mit einheitlicher Stichprobendichte innerhalb eines Landes	Laufindex h, $h = 1 \dots L$ Gesamtfläche A_h (Wald und Nichtwald)
Gebiet	z. B. Deutschland, Land (= Bundesland), Wuchsgebiet, Raumregion	Gesamtfläche A (Wald und Nichtwald)

Als Maß für die Zuverlässigkeit der Schätzwerte werden Varianzen berechnet, aus denen wiederum der Stichprobenfehler abgeleitet werden kann. Bei der Bundeswaldinventur wird der einfache Stichprobenfehler angegeben (s. Tabelle 2). Der wahre Wert der untersuchten Grundgesamtheit liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 68 % (=Vertrauensbereich) innerhalb einer Spanne von $\pm$ des einfachen Stichprobenfehlers um den mit der Stichprobe ermittelten Schätzwert.

Tabelle 2: Schätzgenauigkeit

Varianz	$v(\text{Schätzer})$
Stichprobenfehler	$s(\text{Schätzer}) = \sqrt{v(\text{Schätzer})}$
Relativer Stichprobenfehler	$s_R(\text{Schätzer}) = \sqrt{v(\text{Schätzer})} / \text{Schätzer}$
Spanne (Von, Bis)	$\text{Schätzer}_{\text{Von}} = \text{Schätzer} - s(\text{Schätzer})$ $\text{Schätzer}_{\text{Bis}} = \text{Schätzer} + s(\text{Schätzer})$

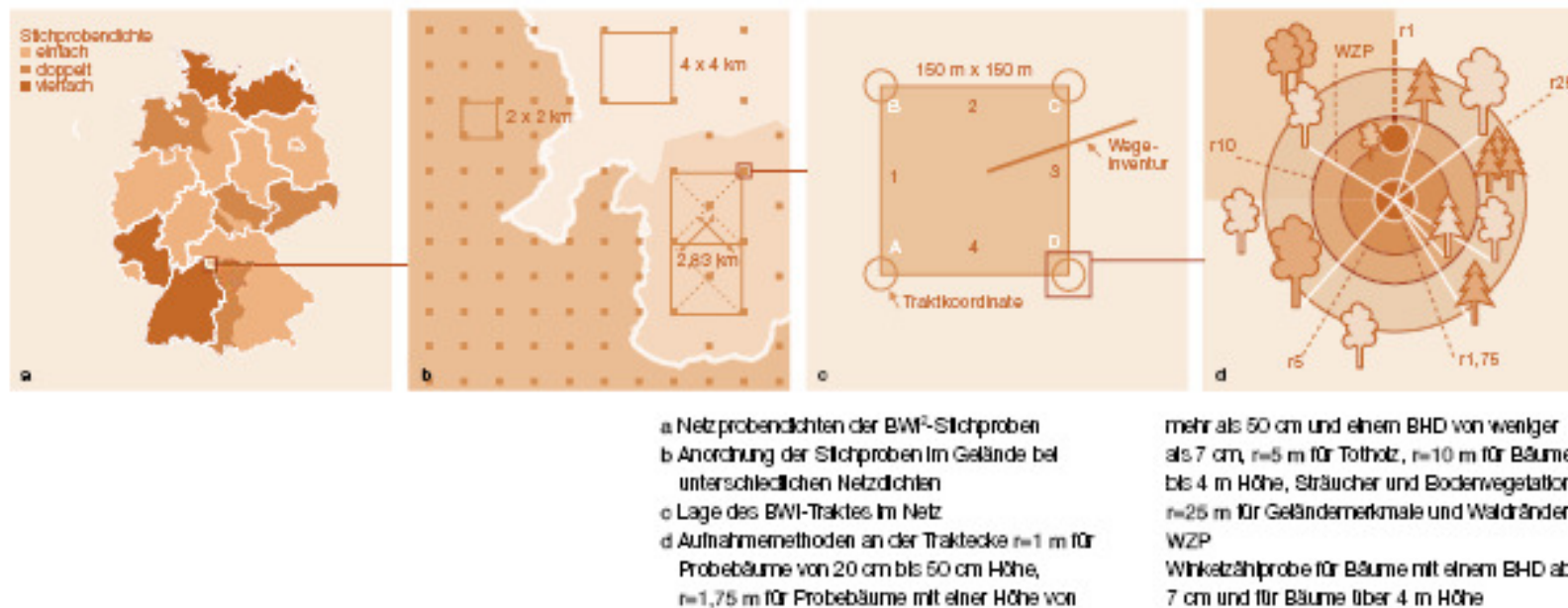
Für einen Vertrauensbereich von 95 % verdoppelt sich der Stichprobenfehler nahezu.

Das Stichprobennetz ist durch die BWI-Verwaltungsvorschrift beschrieben. Die Stichproben (Trakte) liegen auf den Schnittpunkten eines bundesweiten Gitternetzes im 4 km x 4 km-Quadratverband. Das quadratische Netz orientiert sich in seiner Nord-Süd- und Ost-West-Ausrichtung am Gaus-Krüger-Koordinatensystem. Grundlage ist das Bessel-Ellipsoid. Die Ausgangskordinate R 3556,2; H 5566,2 bestimmt, wie bei der BWI¹, den Ausgangspunkt des Stichprobennetzes. Dieses ist gegen das Netz der Waldzustandserhebung verschoben, da letzteres offen markiert ist und damit bewirtschaftungsbedingte Einflüsse auf dem Netz der Waldzustandserhebung nicht auszuschließen sind. Das Stichprobennetz der BWI¹ wurde für die BWI² auf die neuen Länder ausgedehnt. An den Meridiansprüngen variiert der Abstand der Trakte im Grundnetz zwischen 1,6 km und 6 km.

Die Probepunkte wurden verdeckt dauerhaft markiert. In den alten Ländern wurden die bei der BWI¹ eingemessenen Probepunkte wieder aufgesucht und der Wald erneut erfasst. Jeder Trakt ist mit der südwestlichen Ecke in dieses Netz eingehängt. Er besteht aus einem Quadrat mit einer Seitenlänge von 150 m. Jeder Trakt hat i. d. R. vier Traktecken, an Grenztrakten auch weniger. Auf jeder im Wald liegenden Traktecke werden in verschiedenen Aufnahmeeinheiten (z. B. Probekreisen) Daten an unterschiedlichen Objekten erhoben.

Die Wege wurden entlang der Traktumfangslinie inventarisiert. Die Wegeinventur war bei der BWI somit keine Klumpenstichprobe. Die Wegeinventur wird aber der Einfachheit und Einheitlichkeit halber als Sonderfall einer Klumpenstichprobe mit $j_i = 1$ und $N = M$ behandelt.

Trakte, bei denen mindestens eine Traktecke im Wald liegt, sind „Waldtrakte“ und werden erhoben. Im Gegensatz dazu waren bei der BWI¹ „Waldtrakte“ alle Trakte, auf deren Traktumfangslinie Wald gefunden wurde.



- a) Stichprobendichten der BWI² (einfach: $4 \times 4 \text{ km}^2$, doppelt: $2,83 \times 2,83 \text{ km}^2$, vierfach: $2 \times 2 \text{ km}^2$): s. auch Kap. 3.2
- b) Anordnung der Stichproben im Gelände bei unterschiedlichen Netzdichten
- c) Lage des BWI-Traktes im Netz
- d) Aufnahmemethoden an der Traktecke $r=1$ m für Probestämme von 20 cm bis 50 cm Höhe, $r=1,75$ m für Probestämme mit einer Höhe von mehr als 50 cm und einem BHD von weniger als 7 cm, $r=5$ m für Totholz, $r=10$ m für Bäume bis 4 m Höhe, Sträucher und Bodenvegetation, $r=25$ m für Geländemerkmale und Waldränder, WZP - Winkelzählprobe für Bäume mit einem BHD ab 7 cm (Zählfaktor 4) und für Bäume über 4 m Höhe (Zählfaktor 1 oder 2)

Abbildung 1: Netzdichten und Stichprobenverfahren

Tabelle 3: Stichprobenumfang nach Ländern bei BWI²

	Nichtwald- trakte	Wald- trakte	Summe Trakte	Traktab- schnitt te	Nicht- walde- cken	Wald- ecken	Summe Ecken	neu ge- messene Probe bäume ab 7 cm BHD	wiederholt gemessene Probefä- hner ab 7 cm BHD	Summe Probe- bäume ab 7 cm BHD
Baden-Württemberg	4.365	4.598	8.963	8.970	22.124	13.619	35.743	39.534	57.184	96.718
Bayern	2.799	2.711	5.510	5.527	14.292	7.747	22.039	24.640	37.840	62.480
Berlin	47	11	58	59	195	38	233	194	87	281
Brandenburg	1.055	809	1.864	1.871	4.785	2.676	7.461	17.908	0	17.908
Hansestadt Bremen	22	3	25	25	89	8	97	46	0	46
Hansestadt Hamburg	46	3	49	50	188	9	197	8	26	34
Hessen	628	694	1.322	1.328	3.080	2.202	5.282	5.852	8.626	14.478
Mecklenburg-Vorpommern	3.921	1.911	5.832	5.843	17.826	5.351	23.177	36.035	0	36.035
Niedersachsen	3.090	1.495	4.585	4.597	14.527	3.794	18.321	12.223	11.225	23.448
Nordrhein-Westfalen	1.301	841	2.142	2.148	6.327	2.228	8.555	6.267	8.885	15.152
Rheinland-Pfalz	2.184	2.811	4.995	4.999	11.540	8.391	19.931	48.989	7.720	56.709
Saarland	69	94	163	163	401	249	650	775	780	1.555
Sachsen	1.414	900	2.314	2.320	6.667	2.565	9.232	16.400	0	16.400
Sachsen-Anhalt	850	432	1.282	1.289	3.893	1.324	5.127	7.896	0	7.896
Schleswig-Holstein	3.244	734	3.978	3.980	14.208	1.632	15.840	4.507	5.854	10.361
Thüringen	1.167	749	1.916	1.925	5.366	2.266	7.632	16.130	0	16.130
Deutschland (alle Länder)	26.202	18.796	44.998	45.094	125.508	54.009	179.517	237.404	138.227	375.631

Nationale Waldinventuren in anderen europäischen Staaten

Finnland

- Erste Forstinventur 1921-24. Derzeit wird die zehnte Wiederholungsinventur durchgeführt.
- Kombination aus permanentem Stichprobenetz und Luftbildinterpretation.

Schweden

- Erste Forstinventur 1923-1929. Der Erhebungszyklus beträgt zehn Jahre. Jedes Jahr wird ein Zehntel aller über das ganze Land verteilten Trakte aufgenommen. Derzeit wird die achte Folgeinventur durchgeführt.
- Kombination von permanenten und temporären Stichproben sowie von Fernerkundungsdaten.

Frankreich

- 1958: Beschluss zu einer ständigen französischen Waldinventur zur laufenden Erfassung (pro Jahr zwischen acht und zehn Departements) aller forstlichen Rohstoffreserven unter Berücksichtigung aller Eigentumsarten einschließlich einer landesweiten Bodennutzungserhebung. Gegenwärtig wird der vierte Inventurzyklus durchgeführt.
- 3-Phasen-Konzept bestehend aus einer systematischen Luftbildstichprobe, einer terrestrischen Stichprobe zur Aktualisierung und Korrektur der Ergebnisse der Luftbildinterpretation sowie einer terrestrischen Stichprobe zur Ermittlung der im Luftbild nicht messbaren Größen u. a. für die Berechnung der Holzvorräte oder des Zuwachses.

Österreich

- Erste Forstinventur 1961-1970. Die sechste Folgeinventur ist abgeschlossen.
- Terrestrische Stichprobe in einem systematischen, permanenten, über ganz Österreich verteilten Stichprobennetz mit mehr als 11.000 Probeflächen. Ergänzend wird eine flächendeckende Satellitenbilddauswertung zur stärkeren Regionalisierung der Ergebnisse durchgeführt.

Schweiz

- Erstaufnahme 1983-85. Derzeit wird die dritte Wiederholungsaufnahme durchgeführt.
- Seit zweiter Inventur: Kombination aus Luftbildinterpretation und permanenten terrestrischen und temporären Stichproben.
-

3.2 Netze und Regionalisierungen

Das Grundnetz der Stichprobe ist darauf ausgerichtet, die Ansprüche an die Genauigkeit auf Bundesebene zu erfüllen. Zur Erhöhung der Aussagefähigkeit haben einige Länder das Stichprobennetz regional verdichtet, so dass schließlich die Stichprobendichte auf 21 % der Fläche verdoppelt und auf weiteren 26 % vervierfacht wurde.

Gemäß zweiter Bundeswaldinventur-Verordnung oder später entschieden sich für einen 2,83 km x 2,83 km-Quadratverband:

- Bayern im Bereich der ehemaligen (Zeitpunkt BWI¹) Forstdirektionen Schwaben und Mittelfranken,
- Niedersachsen in den der ehemaligen (Zeitpunkt BWI¹) Wuchsgebieten Niedersächsischer Küstenraum und Mittel-Westniedersächsisches Tiefland,
- Thüringen außer im Bereich des Wuchsgebietes Thüringer Wald (Zeitpunkt BWI²),
- Sachsen, gesamtes Landesgebiet (Sachsen beschloss die Verdichtung im Mai 2000).
-

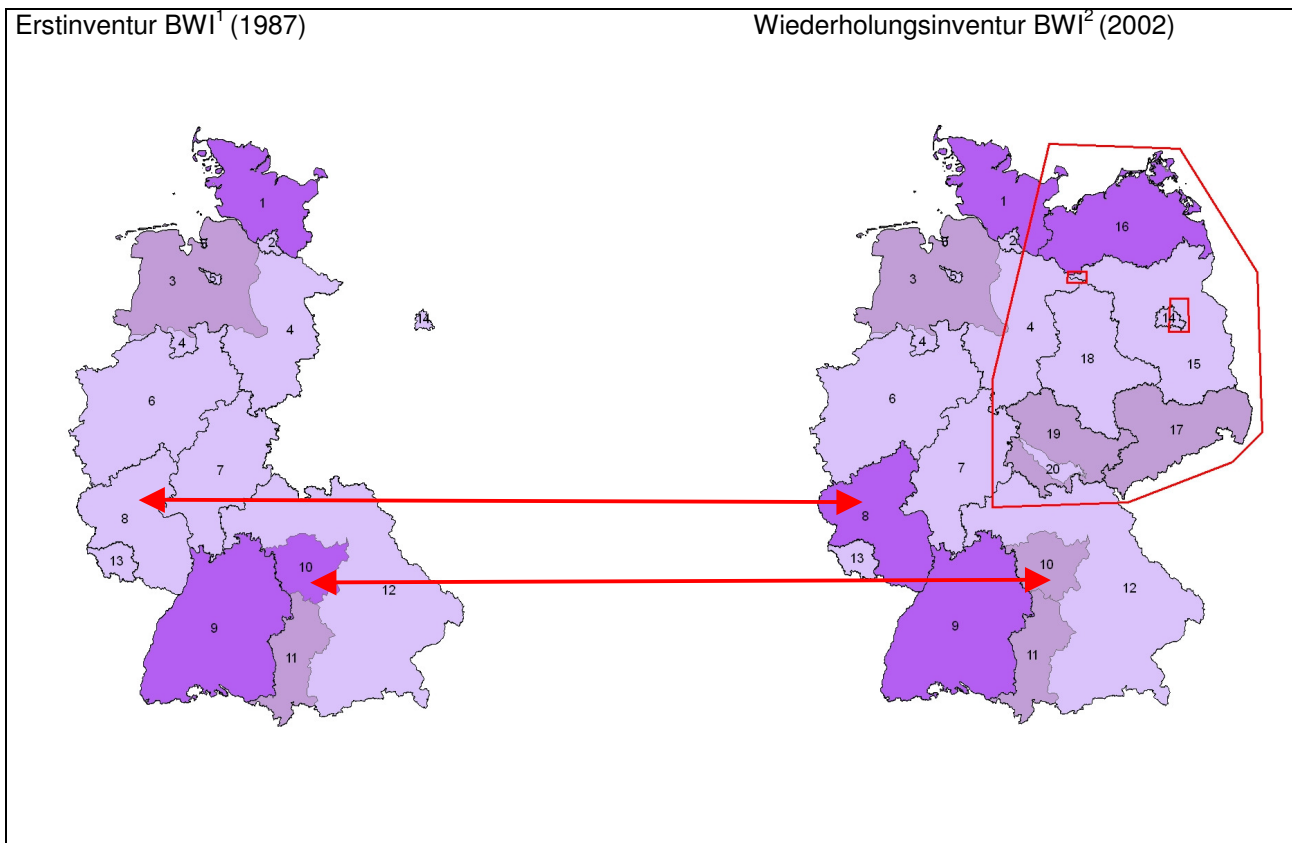
Auf die vierfache Stichprobenanzahl, d. h. einen 2 km x 2 km-Quadratverband, verdichteten:

- Baden-Württemberg, gesamtes Landesgebiet
- Mecklenburg-Vorpommern, gesamtes Landesgebiet
- Schleswig-Holstein, gesamtes Landesgebiet
- Rheinland-Pfalz, gesamtes Landesgebiet (Rheinland-Pfalz beschloss die Verdichtung im November 2000).

Im früheren Bundesgebiet entspricht die Stichprobenverteilung bis auf eine Netzausdünnung in Bayern und eine Verdichtung in Rheinland-Pfalz der der BWI¹.

Durch die unterschiedliche Verdichtung der Stichprobe in den Ländern entstanden 20 Verdichtungsgebiete. Für diese Verdichtungsgebiete ist die Gesamtfläche (Wald und Nichtwald) [ha] für jeden Inventurzeitpunkt (A_{h1} , A_{h2}) und für die Schnittfläche beider Inventuren (A_{hV}) bekannt aus Informationen der BWI¹ oder für die neuen Länder aus Flächenstatistiken des Bundesamtes für Kartographie (Gemeindeflächen) bzw. für Thüringen aus Herleitungen der Trakteckenanteile (s. Tabelle 5). Die Gesamtfläche A (Wald und Nichtwald) hat sich durch die Wiedervereinigung Deutschlands im Jahr 1990 und durch Verwaltungsreformen der

Länder zwischen den Inventuren geändert: Niedersachsen wurde um das Amt Neuhaus ergänzt, Berlin um Ostberlin erweitert.



Nummerierung der Verdichtungsgebiete: s. Tabelle 5;
geändert hat sich die Stichprobendichte bei der Wiederholung der BWI in den alten Ländern in den Verdichtungsgebieten 8 und 10.

Abbildung 2: Verdichtungsgebiete beider Inventurzeitpunkte

Stichprobendichte	Farbe
einfach (Grundnetz)	hell
doppelt	mittel
vierfach	dunkel

Tabelle 4: Netzkennung

Stichprobendichte	Raster-Weite	Netz-Kennung
einfach (Grundnetz)	4,00 km x 4,00 km = 16 km ²	16
doppelt	2,83 km x 2,83 km = 8 km ²	8
vierfach	2,00 km x 2,00 km = 4 km ²	4

s. auch Abbildung 1b

Tabelle 5: Verdichtungsgebiete

Nr.	Land	VBI	Netz ₁	Netz ₂	Netz _v	A _{h1} [ha]	A _{h2} [ha]	A _{hv} [ha]
1.	Schleswig-Holstein	104	4	4	4	1.576.880	1.576.880	1.576.880
2.	Hamburg	216	16	16	16	75.533	75.533	75.533
3.	Niedersachsen	308	8	8	8	2.525.043	2.525.043	2.525.043
4.		316	16	16	16	2.217.035	2.236.308	2.217.035
5.	Bremen	416	16	16	16	40.423	40.423	40.423
6.	Nordrhein-Westfalen	516	16	16	16	3.407.986	3.407.986	3.407.986
7.	Hessen	616	16	16	16	2.111.482	2.111.482	2.111.482
8.	Rheinland-Pfalz	704	16	4	16	1.984.686	1.984.686	1.984.686
9.	Baden-Württemberg	804	4	4	4	3.575.163	3.575.163	3.575.163
10.	Bayern	904	4	8	8	749.256	749.256	749.256
11.		908	8	8	8	1.004.003	1.004.003	1.004.003
12.		916	16	16	16	5.301.537	5.301.537	5.301.537
13.	Saarland	1016	16	16	16	257.019	257.019	257.019
14.	Berlin	1116	16	16	16	48.574	89.022	48.574
15.	Brandenburg	1216		16		0	2.947.637	0
16.	Mecklenburg-Vorpommern	1304		4		0	2.317.104	0
17.	Sachsen	1408		8		0	1.841.282	0
18.	Sachsen-Anhalt	1516		16		0	2.044.683	0
19.	Thüringen	1608		8		0	1.438.597	0
20.		1616		16		0	178.573	0

mit

VBI = Verdichtungsgebiet innerhalb eines Bundeslandes

Flächen (Wald+Nichtwald) zum Inventurzeitpunkt: BWI¹ → A_{h1}, BWI² → A_{h2}Schnittfläche beider Inventuren → A_{hv}

Die Daten der Verdichtungsgebiete wurden zunächst für die einzelnen Länder getrennt hochgerechnet, um für Deutschland immer konsistente bzw. gegenüber Länder-Ergebnissen additive Ergebnisse zu erhalten. Diese Vorgehensweise ermöglicht flexible Auswertungen der Daten aus unterschiedlichen Verdichtungsgebieten.

Auswertungen beziehen sich i. d. R. auf Deutschland oder die Länder mit ihren bekannten Fläche A_h . Für spezielle Auswertungen innerhalb von Verdichtungsgebieten sind die Flächen A_{hReg} der zugehörigen Verdichtungsgebiete nicht bekannt und müssen geschätzt werden (s. Formel 3.2.1). Dazu wird zunächst ein Repräsentationsfaktor (Rep_h) für jede Traktecke über das Verhältnis der bekannten Gesamtflächen A_h und der Summe aller innenliegenden Traktecken M_{hi} ermittelt. Anschließend wird die Gesamtfläche A_{hReg} durch Zählen der Traktecken innerhalb der Region ($VReg$) und Multiplikation mit dem Repräsentationsfaktor (Rep_h) ermittelt:

Tabelle 6: Herleitung von Repräsentationsfaktor und Gesamtfläche für Verdichtungsgebiete in Regionen

Merkmal und Maßeinheit	Formel	Formel-Nr.
Gesamtfläche (Wald und Nichtwald) eines Verdichtungsgebietes innerhalb einer Region [ha]	$A_{hReg} = Rep_h \cdot \sum_{i=1}^{n_{hReg}} M_{hi}$	3.2.1
Repräsentationsfaktor einer Traktecke (Wald und Nichtwald) [ha]	wobei $Rep_h = \frac{A_h}{\sum_{i=1}^{n_h} M_{hi}}$ n_{hReg} = Anzahl der Trakte in A_{hReg} n_h = Anzahl der Trakte in A_h $A_{hReg} \leq A_h$; $n_{hReg} \leq n_h$ $Rep_h \approx \{100 \text{ ha}, 200 \text{ ha oder } 400 \text{ ha}\}$, je nach Verdichtungsgebiet Die Repräsentationsfaktoren unterscheiden sich wegen der unterschiedlichen Größe der Verdichtungsgebiete und innenliegenden Traktecken bei BWI¹, BWI² und Veränderungsrechnungen (s. Tabelle 5)	3.2.2

Die meisten Auswertungen werden nur für begehbaren Wald durchgeführt, da nur dort Felddaten erhoben werden konnten.

4 Inventurverfahren

4.1.1 Traktvorklärung

Für die Entscheidung, ob ein Trakt im Gelände aufgesucht werden muss, wurden Karten, Luftbilder oder andere Informationen ausgewertet. Trakte, die danach zweifelsfrei vollständig außerhalb des Waldes lagen, sind Nichtwaldtrakte und wurden nicht weiter bearbeitet. Trakte, die im Wald lagen (Waldtrakte) oder für die das nicht zweifelsfrei geklärt werden konnte, waren aufzusuchen und einzumessen.

Zusätzlich zu den Geländeaufnahmen wurden u. a. folgende Informationen zu den Trakten bzw. Traktecken ermittelt: raumbezogene Merkmale (Land, Kreis, Gemeinde, forstliche Struktureinheit, Wuchsgebiet und Wuchsbezirk), Eigentumsarten und -größenklassen, natürliche Höhenstufe, natürliche Waldgesellschaft mit deren Baumarten-Zusammensetzung, Höhenlage, Einschränkung der Holznutzung und das Vorkommen von Schalenwild.

4.1.2 Geländeaufnahme

Die Aufnahmen begannen nach der ersten Schulung im Oktober 2000 und dauerten bis Ende 2002. Die Arbeiten wurden ganzjährig durchgeführt. In den alten Ländern wurden die bei der BWI¹ angelegten Probepunkte wieder aufgesucht und die noch vorhandenen Probebäume erneut gemessen. Dabei wurden rund 99 % der Probepunkte wiedergefunden bzw. anhand der Probebäume eindeutig rekonstruiert. Von den Probebäumen der BWI¹ konnten 60 % erneut gemessen werden. 40 % sind durch die Bewirtschaftung oder natürliche Vorgänge zwischenzeitlich ausgeschieden. Alle neu bei der BWI² angelegten Probepunkte wurden, wie schon bei der BWI¹, dauerhaft und verdeckt markiert. Damit wurde nun auch in den neuen Ländern die Grundlage für eine künftige Wiederholungsinventur geschaffen.

Das Verfahren war so ausgelegt, dass von einem Trupp im Durchschnitt täglich zwei Trakte mit je drei Traktecken im Wald aufgenommen werden können. Es waren ungefähr 150 verschiedene Merkmale zu erfassen. Dabei wurden neben den bundesweit einheitlichen Erhebungen auch einige zusätzliche landesspezifische Merkmale erfasst. Außerdem wurden bestimmte Merkmale, wie z. B. die Eigentumsgrößenklassen, die Baumart u. a., in einigen Ländern in höherer Detailliertheit aufgenommen. Damit wurde dem Wunsch der Länder nach erweiterten Auswertungsmöglichkeiten entsprochen.

In der Tabelle 7 sind die wichtigsten Erhebungsmerkmale aufgeführt.

In den alten Ländern wurde die Walderschließung bereits in der BWI¹ untersucht. Die Wegeinventur wurde für diese Länder in der BWI² nicht wiederholt. In den neuen Ländern hingegen wurde eine Wegeinventur im Wald durchgeführt, um diese Ergebnisse mit denen aus der BWI¹ für die alten Länder zusammenzuführen. Dabei wurden – wie bei der BWI¹ – nur solche Wege und Straßen berücksichtigt, auf denen das Beladen von Holztransportern gestattet ist, d. h. Autobahnen und Kreis- und Landstraßen blieben unberücksichtigt. Zudem wurden Rückegassen nicht erfasst.

Die Probebäume ab 7 cm Brusthöhendurchmesser wurden mittels Winkelzählprobe mit Zählfaktor 4 (WZP/ZF4) ausgewählt.

Winkelzählprobe (WZP) nach BITTERLICH

Dieses im Jahr 1947 von Walter BITTERLICH erstmals veröffentlichte optische Stichprobenverfahren ermöglicht im Wald die rasche Bestimmung von Hektarwerten zu Grundfläche, Baumartenmischung und weiterer daraus abgeleiteter Daten durch einfache Zählung von Probebäumen, die mit einem optischen Verfahren ausgewählt werden. Ein Spiegel-Relaskop erleichtert die Arbeit und verbesserte die Erhebungsqualität. Die Vorteile der WZP sind v. a., dass keine Probeflächen eingemessen werden müssen und dass dicke Bäume, die viel zur Grundfläche und somit auch zum Vorrat beitragen, bevorzugt erfasst werden. Die Auswahlwahrscheinlichkeit der Probebäume ist proportional zu deren Grundfläche. Bei der BWI werden die Probebäume zusätzlich vermessen, wodurch die Auswertungsmöglichkeiten wesentlich erweitert werden.

Bei diesem Verfahren wird um den Stichprobenpunkt herum jeder Baumstamm mit einem vorgegebenen horizontalen Öffnungswinkel α anvisiert.

Die Konstante $K = 10^4 \cdot \sin^2\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ wird als Zählfaktor der Winkelzählprobe bezeichnet.

K hat bei der BWI den Wert 4, was einem Visurwinkel $\alpha = 2,3^\circ$ entspricht. Ein Baum wird dann ausgewählt, wenn sein BHD von beiden Schenkeln des Winkels α geschnitten wird.

Ein Probebaum z repräsentiert

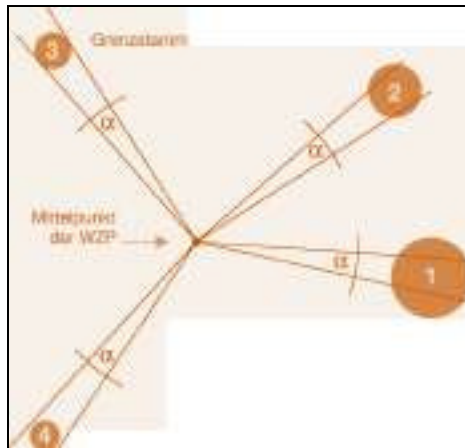
eine Grundfläche von K [m²/ha],

eine Stammzahl von Bäumen je Hektar = $N_z^{(ha)} = \frac{K}{g_z}$

mit einer Grundfläche des Baumes = $g_z = \frac{\pi}{4} \cdot d_z^2$.

Der Abstand $R_z = \frac{d_z}{2 \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$ um den Probebaum z wird als Grenzkreisradius bezeichnet. Jeder Baum, dessen Grenzkreis mit der Fläche $F_z = \pi \cdot R_z^2$ das

Stichprobenzentrum einschließt, ist ein Probebaum der Winkelzählprobe. Oder einfacher formuliert: Jeder Baum, der nicht weiter als das 25-fache seines BHD von der Traktecke entfernt steht, ist ein Probebaum der BWI. Dabei werden nur Bäume ab 7 cm BHD berücksichtigt.



- Bäume 1 und 2: Baum zählt
 Baum 3: Grenzstamm
 Baum 4: Baum zählt nicht

Abbildung 3: Winkelzählprobe nach Bitterlich

4.1.3 Zusätzliche Inventurmerkmale der BWI² gegenüber BWI¹

In der BWI² werden gegenüber der BWI¹ neue Merkmale erhoben, um den ökologischen und forstwirtschaftlichen Entwicklungen und dem gestiegenen Informationsbedarf Rechnung zu tragen.

- Waldränder sind als Übergangszonen von geschlossenen Wäldern zu offenen Flächen wichtige Lebensräume vieler verschiedener Pflanzen- und Tierarten. Ihre Länge ist gleichzeitig ein Hinweis auf die durchschnittliche Größe der Waldgebiete und die Vielfalt der Landschaft.
- Totholz ist ein spezieller Lebensraum und dadurch ein wichtiger Bestandteil des Ökosystems Wald. Es trägt zur Artenvielfalt im Wald bei. Die Aufnahme beschränkt sich auf Totholz mit einem Durchmesser ab 20 cm am dickeren Ende bzw. BHD bei stehendem Totholz sowie auf Stöcke ab 50 cm Höhe oder 60 cm Schnittflächendurchmesser.
- Die Strauch- und Bodenvegetation lässt Rückschlüsse auf die waldbauliche, hydrologische und wildbiologische Situation eines Waldes zu. Bei der BWI² wurde für 14 verschiedene morphologische Pflanzengruppen (z. B. Flechten, Moose, Gräser, Sträucher) sowie acht forstlich bedeutsame Pflanzenarten (z. B. Adlerfarn, Brennessel, Brombeere) die Dichte der Bodenbedeckung in vier Stufen geschätzt.
- Der Vergleich zwischen aktueller Baumarten-Zusammensetzung am Stichprobenpunkt mit der natürlichen Waldgesellschaft gibt Auskunft über die Naturnähe der Baumartenzusammensetzung. Als natürliche Waldgesellschaft wird bei der BWI das Modell der heutigen potenziellen natürlichen Vegetation (hpnV) verwendet. Sie wurde von den Fachleuten der Länder für jeden Trakt ermittelt und hinsichtlich ihrer Haupt-, Neben- und Pionierbaumarten regional und höhenzonal differenziert beschrieben. Die hpnV als Vergleichsbasis hat sich bewährt, da sie durch die Akzeptanz der abgelaufenen Standort- und Florenveränderungen und den Ausschluss möglicher zukünftiger Änderungen die sicherste Beurteilungsgrundlage bietet. Da von den gegenwärtigen Standortbedingungen, Floren- und Konkurrenzverhältnissen der Baumarten ausgegangen wird, gehören neben autochtho-

nen Baumarten auch dauerhaft eingebürgerte Baumarten zur natürlichen Waldgesellschaft. Als heimisch gilt eine wild lebende Pflanzenart, wenn sie sich in freier Natur und ohne menschliche Hilfe über mehrere Generationen als Population erhält. Die Inventurtrupps haben im Gelände die Zuordnung der natürlichen Waldgesellschaft überprüft und sie ggfs. korrigiert, besonders wenn azonale Waldgesellschaften gefunden wurden.

5 Inventurdurchführung

5.1 Zuständigkeiten

Für die Zusammenstellung und die Auswertung der BWI und für die sich daraus ergebenden Koordinierungsaufgaben ist das Bundesverbraucherministerium zuständig. Es hat die Bundesinventurleitung dem Institut für Forstökologie und Walderfassung der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (BFH) in Eberswalde übertragen, das unmittelbar mit den Landesinventurleitungen zusammenarbeitet, um v. a. fachliche Fragen der Durchführung und Inventurkontrolle zu klären, die Daten zu prüfen und auszuwerten.

Die Bundesinventurleitung stellte den Landesinventurleitungen alle für die Wiederholungsaufnahme notwendigen Daten der BWI¹ sowie die speziell entwickelte Erhebungs-Software zur Verfügung. Sie enthielt Programme für das Datenmanagement in den Landesinventurleitungen, zur Datenerfassung und -prüfung durch die Inventurtrupps und zur Beschreibung der Baumartenzusammensetzung der natürlichen Waldgesellschaften.

Die Datenerhebung ist Aufgabe der Länder. Dazu richtete jedes Land eine Landesinventurleitung ein, die für die Durchführung der BWI² auf Landesebene verantwortlich war. Ihr Aufgabengebiet umfasste die Einsatzplanung und -koordinierung der Inventurtrupps, die Traktvorklärung, Kontrolle von Aufnahmen und Daten sowie Weiterleitung der Daten an die Bundesinventurleitung.

Bund und Länder arbeiteten bei der Entwicklung des Inventurverfahrens eng zusammen. Ein regelmäßiger Informationsaustausch zwischen Bundes- und Landesinventurleitung stellte die einheitliche Klärung von Detailfragen sicher. Spezielle Probleme wurden in ad hoc-Arbeitsgruppen gelöst.

5.2 Inventurtrupps

Zur Traktaufnahme setzten die Landesinventurleitungen rund 50 Inventurtrupps ein. Jedes Team bestand aus zwei Forstfachleuten (mindestens ein Diplom-Forstwirt oder vergleichbare Qualifikation). In folgenden Ländern wurden die Daten von privaten Forstserviceunternehmen erhoben: Brandenburg, Baden-Württemberg, Hessen, Niedersachsen (teilweise), Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein und Sachsen-Anhalt. Landeseigenes Forstpersonal erhob die Daten in den restlichen Ländern. Die Inventurtrupps trugen die Daten i. d. R. im Gelände in die Erfassungsdatenbank ein. Die wichtigsten Messgeräte waren Ultraschall-Baumhöhenmesser und Entfernungsmesser, Spiegelrelaskop für die Winkelzählprobe, Kompass und Bandmaße. Bei der Datenaufnahme kamen mobile, robuste Feldcomputer mit Gerätetastatur, mit aktivem Bildschirm und mit interner und externer Flash-RAM-Card zum Einsatz. Plausibilitätsprüfungen in der Erhebungs-Software machten auf Datenfehler und Widersprüche noch im Wald aufmerksam und unterstützten die Datenkontrolle. Programmmodule der Erhebungs-Software unterstützten die Inventurtrupps bei der Suche der Traktecken und WZP/ZF4-Bäume im Gelände.



Abbildung 4: Wichtigste Messgeräte

Die Ausstattung der Inventurtrupps umfasst: u. a. Höhen- und Entfernungsmesser, Maßband, Durchmesser-Bandmaße, Relaskop, Kompass (400 gon), Hochkluppen für Baumdurchmesser bis 30, 40, 60 cm sowie 7 m-Teleskopstange zur Hochkluppe.

5.3 Schulung

Das BMVEL schulte vor Beginn der Geländearbeiten im Herbst 2000 und Frühjahr 2001 rund 100 Teilnehmer (Angehörige der Landesinventurleitungen, Leiter der Inventurtrupps sowie ihre Mitarbeiter). Darüber hinaus führten einige Länder eigene Schulungen z. B. zur Erkennung der natürlichen Waldgesellschaft, von Pflanzenarten etc. durch.

5.4 Datenkontrolle und Aufbereitung

Nach der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Bundeswaldinventur II müssen die Landesinventurleitungen an 5 % der Trakte eine Inventurkontrolle durchführen. Ein abgestuftes Kontrollsystem sichert die Qualität der BWI²-Daten:

Datenkontrolle durch Inventurtrupps: Die Erhebungs-Software enthielt Prüfroutinen für Felddaten und für Vorklärungsdaten. Für alle von der BWI¹ bekannten und über Koordinaten eindeutig identifizierbaren Objekte (Trakte, Traktecken, Probestämme, Bestandesränder) wurden Datensätze vorinitialisiert. Zu jedem WZP/ZF4-Probestamm der BWI¹ wurden Baumart und BHD angezeigt. Waren diese Objekte nicht mehr vorhanden, weil z. B. ein Probestamm ausgeschieden ist, wurde dies dokumentiert. Darüber hinaus waren bei der Wiederholungsinventur permanente Datenmerkmale wie Koordinaten vorbelegt.

Durch die in der Erfassungssoftware enthaltenen Plausibilitätsprüfungen konnten die erfassten Daten bereits vor Ort nach Eingabe von den Inventurtrupps geprüft und korrigiert werden (erneutes Messen eines Wertes, Erheben und Nachtragen von Fehlwerten etc.).

Datenkontrolle durch die Landesinventurleitung: Die mit den erfassten Daten eines Inventurtrupps oder einer Aufnahmeperiode gefüllte Trupp-Datenbank wurde in die Landesdatenbank übernommen und nochmals geprüft. Die Landesinventurleitung führte die erforderlichen Fehlerkorrekturen entweder selbst durch oder übergab fehlerhafte Daten an die jeweiligen Inventurtrupps, damit diese die Fehler beheben konnten.

Die Landesinventurleitung kontrollierte die Inventuraufnahme an mindestens 5 % der Trakte. Fehler und Abweichungen (insbesondere systematische) wurden mit dem jeweiligen Inventurtrupp geklärt. Die Landesinventurleitungen protokollierten die Kontrolle mit den festgestellten Abweichungen und veranlasseten Maßnahmen.

In der Bundesinventurleitung wurden die Daten aus den Ländern abschließend auf Plausibilität und Vollständigkeit geprüft. Dabei wurden zusätzliche Prüfalgorithmen angewandt, die in der Trupp- oder Ländersoftware nicht enthalten waren. Die nach bestem Ermessen geprüften Daten wurden für die Auswertung in eine Bundesdatenbank übernommen.

6 Auswertung

6.1 Herangehensweise bei der Datenauswertung

Für die Auswertung der zweiten Bundeswaldinventur waren mindestens 10.000 Ergebnistabellen mit mehr als 100 Zielmerkmalen und unterschiedlichsten Klassifizierungen gewünscht. Darüber hinaus sollten weitere beliebige Auswertungen möglich sein. Daher wurden die Auswertungsschritte abstrahiert und modularisiert. Darauf aufbauend wurde flexible Software in Form eines Baukastensystems entwickelt. Auswertungen sollen vom Nutzer meist ohne Programmierarbeiten durch Definition von Steuer- oder Metadaten formuliert werden können. Folgende Aufgaben wurden voneinander getrennt:

- Ableiten von Merkmalen auf Objektebene (s. Kap. 6.2),
- Übergabe von Daten an Hochrechnungen (s. Tabelle 15, Tabelle 23, Tabelle 24),
- Hochrechnen von Zustandsgrößen (s. Kap. 6.3),
- Hochrechnen von Veränderungsgrößen (s. Kap. 6.4),
- Präsentation der Ergebnisse aus Ergebnisdatenbanken.

Bei der Ableitung von Merkmalen werden auf Objektebene sowohl Inputgrößen für Hochrechnungen als auch deren Klassifizierungsmerkmale (Waldrandexposition, Altersklasse, Bestockungstypen etc.) hergeleitet. Die Hochrechnung beschränkt sich auf die Aggregation dieser Werte, d.h. auf das Summieren bzw. Mitteln von Rohdaten oder abgeleiteten Daten über verschiedene Aggregationsebenen (Trakt, Verdichtungsgebiet, Gebiet) differenziert nach Auswertungseinheiten. Die Aggregation erfolgt jeweils nach dem Algorithmus eines von drei Hochrechnungstypen (6.3). Deshalb können Hochrechnungen unabhängig von konkreten Ziel- und Klassifizierungsmerkmalen erfolgen. Die Hochrechnungstypen unterscheiden sich im Wesentlichen auf der Aggregationsebene Verdichtungsgebiete. Das Hochrechnungsprogramm arbeitet mit anonymen Ziel- (x , y) und Klassifizierungsmerkmalen (k_1 bis k_7). Die Datenübergabe übermittelt die bereits berechneten Anteile und Werte je Hektar für Traktecken an die Hochrechnung. Das Hochrechnungsprogramm legt die Ergebnisse für Gebiete anonym ab. Die Datenpräsentation macht die Anonymisierung rückgängig und gibt die Ergebnisse als Tabelle oder Graphik mit konkreten Ziel- und Klassifikationsmerkmalen aus.

6.2 Ableitung von Merkmalen

6.2.1 Überblick

Vor der eigentlichen Hochrechnung ist die Datenbasis aus der Erhebung zu vervollständigen durch:

1. die Modellierung nicht gemessener Werte, z. B.
 - der Baumhöhe (sie wurde zur Verringerung des Aufwandes nur an einer Unterstichprobe gemessen),
 - des Durchmessers in 7 m Höhe (er wurde zur Verringerung des Aufwandes in den alten Ländern nur bei der BWI¹ und in den neuen Ländern nur an der südwestlichen Traktecke und nur an einer Unterstichprobe gemessen),
2. die Berechnung abgeleiteter Größen aus den Messwerten, z. B.
 - der baumindividuellen Zährefaktoren für Probestämme an Bestandesgrenzen,
 - der Standfläche, des Vorrates und des Zuwachses für Probestämme,
3. die Ableitung von Merkmalswerten an den Traktecken, z. B.
 - ideelle Aufteilung des Hauptbestandes nach dem Standflächenanteil der Baumarten,
 - Naturnähe der Baumartenzusammensetzung.

Die Schritte wurden einmalig ausgeführt und die Ergebnisse als Grundlage für die Hochrechnung in einer Datenbank abgespeichert.

Tabelle 7: Auswahlverfahren, Objekte und Merkmale

Auswahlverfahren	Objekte	Aufgenommene Merkmale	Abgeleitete Merkmale
Traktecke	Punkt	Wald / Nichtwald / Blöße / Nichtholzboden, besonders geschützte Waldbiotope, natürliche Waldgesellschaft, Nutzungseinschränkung, raumbezogene Merkmale	
	Bestand	Eigentumsart, Betriebsart	Standfläche / Grundfläche / Vorrat / Totholzvorrat je Hektar, Standflächenanteil der Baumarten und Altersklassen
	Bestockung	Alter, Aufbau	Anteil der Baumarten, Naturnähe, Bestockungstyp

Winkelzählprobe mit Zählfaktor = 4	Bäume ab 7 cm BHD (innerhalb eines Bestandes)	Baumart, BHD, Baumklasse, Bestandesschicht, Baumalter, Kronenbruch, Wertastung, Stammschäden, Lagekoordinaten. In einer Unterstichprobe: Baumhöhe, oberer Durchmesser.	Standfläche, Grundfläche, Volumen (Vorratsfestmaß, Erntefestmaß), repräsentierte Stammzahl, soweit nicht in 1,3 m Höhe gemessen auch BHD, Baumhöhe, Durchmesser in 7 m Höhe, Stammhöhe, Zuwachs an Volumen, Durchmesser, Höhe etc. gegenüber BWI ¹ An Bestandesgrenzen und Waldrändern wurde „rechnerisch gespiegelt“, d.h. die Bäume erhielten eine erhöhte Gewichtung.
Winkelzählprobe mit Zählfaktor = 1 oder = 2	Bäume ab 4 m Höhe unabhängig von Bestandesgrenzen	Anzahl nach Baumart (an Waldrändern wurde bei der Aufnahme gespiegelt), Aufbau (Schichten), Alter	
Probekreis mit Radius = 1,00 m	Bäume von 20 cm bis 50 cm Höhe	Anzahl nach Baumart, Bestandesschicht, Wildschäden, Schutzmaßnahme	
Probekreis mit Radius = 1,75 m	Bäume über 50 cm Höhe und unter 7 cm BHD	Anzahl nach Baumart, Baumgröße, Bestandesschicht, Wildschäden, Schutzmaßnahme	
Probekreis mit Radius = 5 m	Totholz ab 20 cm Durchmesser	Baumartengruppe, Typ (stehend, liegend ...), Durchmesser, Länge, Zersetzungsgrad	Volumen Totholz
Probekreis mit Radius = 10 m	Bäume bis 4 m Höhe	Deckungsgrad, Anteil der Baumarten, Verjüngungsart	
	Strauchschicht und Bodenvegetation	Dichte der Bodenbedeckung für 14 Pflanzengruppen bzw. 8 forstlich bedeutsame Arten,	
Umkreis von 25 m	Bestockung	Aufbau (Schichten), Alter	
	Gelände	Geländeneigung, Geländeexposition, Geländeform	
Nur in den neuen Ländern: Schnittpunkte mit der Traktumfangslinie	Waldränder	Koordinaten, Art des Waldrandes, vorgelagertes Terrain, Koordinaten	Waldrandlänge je Hektar, Exposition
	Wege und Straßen im Wald	Fahrbahnbreite, Befahrbarkeit, Fahrbahndecke, Fahrbahnzustand, Gefälle des Weges, Geländeneigung am Weg	Wegelänge je Hektar

In diesem Kapitel wird auf die Indizierung der Einzelobjekte zugunsten der Lesbarkeit verzichtet. Statt x_{hijz} wird nur x notiert.

Tabelle 8: Bezeichnungen, Maßeinheiten und Notation für Merkmale

Merkmal und Maßeinheit	Notation, Hinweis
... je Hektar [.../ha]	$\dots^{(ha)}$
.... zu zwei verschiedenen Inventurzeitpunkten	... ' und ... "
...; klassifiziert (z.B. nach Baumartengruppen und Altersklassen oder nach Schaden)	$\dots^k$
Anteil von ...	$p_{\dots}$
Anzahl der Kalenderjahre [a] zwischen BWI1 und BWI2	t_K
Anzahl der Vegetationsperioden [a] zwischen BWI1 und BWI2	t_V
Baumalter [a]	age
Baumhöhe [dm]	h
Baumvolumen mit Rinde [m ³]	volR
Baumvolumen ohne Rinde (Erntefestmeter) [m ³]	volE
Brusthöhendurchmesser, BHD [mm]	d
Deckungsanteil einer Baumart in 10-%-Stufen	DA ; z.B. 4 = 40 % Deckungsanteil
Deckungsgrad in 10-%-Stufen	DG; z.B. 8 = 80 % Deckungsgrad
Differenz von Merkmalen zweier Zeitpunkte	$\Delta \dots$
Fläche des 1,75m-Probekreis [m ²]	$F_{175} = \pi \cdot 1,75^2 = 9,6211$
Fläche des 1m-Probekreises [m ²]	$F_{100} = \pi \cdot 1^2 = 3,1416$
Fläche des 25m-Probekreises [m ²]	$F_{2500} = \pi \cdot 25^2 = 1963,5$
Fläche des 2m-Probekreises [m ²]	$F_{200} = \pi \cdot 2^2 = 12,5664$
Fläche des 4m-Probekreises [m ²]	$F_{400} = \pi \cdot 4^2 = 50,2656$
Fläche des 5m-Probekreises [m ²]	$F_{500} = \pi \cdot 5^2 = 78,54$
Fläche des Grenzkreises je Probebaum ab 7 cm BHD [cm ²]	$F_{Grenzkreis} = \pi \cdot R_{Grenzkreis}^2$
Grenzkreisradius je Probebaum ab 7 cm BHD [cm] bei Zählfaktor 4	$R_{Grenzkreis} = \frac{25 \cdot d}{10}$

Grundfläche eines Baumes [m ²]	$g = \frac{\pi \cdot d^2}{4 \cdot 1000^2}$
Korrigierte Fläche des 1,75m-Probekreises [m ²]; Fläche, die im Bestand liegt	$F_{175}^{kor} \leq F_{175}$
Korrigierte Fläche des 5m-Probekreises [m ²]; Fläche, die im Bestand liegt	$F_{500}^{kor} \leq F_{500}$
Korrigierte Fläche des Grenzkreises je Probebaum ab 7 cm BHD [cm ²]; Fläche, die im Bestand liegt	$F_{Grenzkreis}^{kor} \leq F_{Grenzkreis}$
Normierte Standfläche [m ²] (Normierung der Summen aller Standflächen im Hauptbestand einer Traktecke auf 10.000 m ² pro Traktecke)	$F_{Sfl}^{nor} \neq F_{Sfl}$
Standfläche eines Baumes [m ²]	F_{Sfl}
Totholzdurchmesser je Totholzstück [cm]	d_{tot}
Totholzlänge je Totholzstück [dm]	l_{tot}
Totholzvolumen je Totholzstück [m ³]	vol_{tot}
Waldrandlänge je Waldrandabschnitt [cm]	l_{WR}
Wegelänge je Wegeschnittpunkt [cm]	l_{WE}

6.2.2 Zählfaktor K und repräsentierende Stammzahl von Probebäumen ab 7 cm BHD

Bei der BWI² wurden die Probebäume ab 7 cm BHD durch eine Winkelzählprobe mit Zählfaktor 4 erfasst (s. Kapitel 4.1.2). Es werden nur Bäume innerhalb des Bestandes ausgewählt, in dem die Traktecke liegt. An Traktecken im Nichtwald und im Nichtholzboden wurden keine Winkelzählprobe durchgeführt. Daher haben Bäume, deren Grenzkreis von einer Bestandesgrenze geschnitten wird, eine geringere Auswahlwahrscheinlichkeit. Diese einseitige Verzerrung wird durch den baumindividuellen Zählfaktor ausgeglichen. Für diese Bäume wird der im Bestand liegende Anteil an der Grenzkreisfläche berechnet. Dazu werden die Bestandesgrenzen im Umkreis von 25 m um die Traktecken eingemessen.

Der baumindividuelle Zählfaktor K eines Baumes ergibt sich aus Formel 6.2.2.1. Dieser baumindividuelle Zählfaktor K entspricht der Grundfläche je Hektar, die ein Probebaum an einer Bestandesgrenze repräsentiert.

Bei der Auswertung wird der Hektarwert $x^{(ha)}$ durch Multiplikation des Merkmals x mit der repräsentierten Stammzahl je Hektar berechnet (s. Tabelle 14).

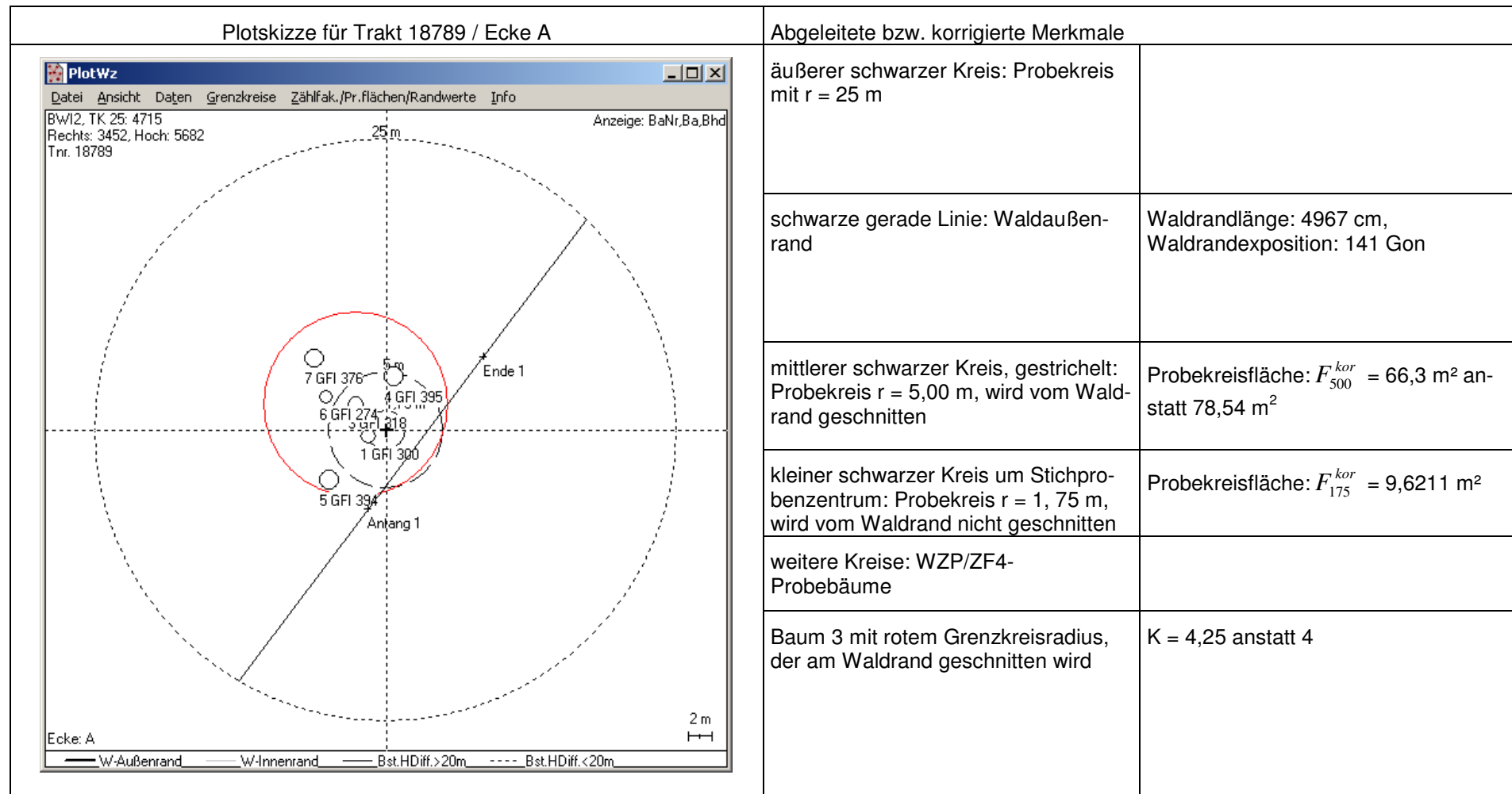


Abbildung 5: WZP/ZF4-Plotskizze am Waldrand zur Verdeutlichung der Auswahlwahrscheinlichkeit eines Probebaumes

Merkmal und Maßeinheit	Formel	Formel-Nr.
Baumindividueller Zährefaktor je Probebaum ab 7 cm BHD	$K = 4 \cdot \frac{F_{\text{Grenzkreis}}}{F_{\text{kor}}^{\text{Grenzkreis}}} \geq 4$ wurde mittels PlotWZ oder anderen Tools berechnet (siehe Abbildung 5)	6.2.2.1
Stammzahl je Probebaum ab 7 cm BHD [1/ha]	$N^{(ha)} = \frac{K}{g}$	6.2.2.2
beliebiger Wert x je Hektar [.../ha]	$x^{(ha)} = N^{(ha)} \cdot x$	6.2.2.3

6.2.3 Baumhöhen von Probefäumen ab 7 cm BHD

Bei der BWI¹ wurden alle Baumhöhen, bei der BWI² allerdings wurden nur wenige Höhen gemessen. Folgende Gruppen wurden unterschieden: Im Hauptbestand und im Oberstand die sieben Baumartengruppen Fichte, Tanne, Douglasie, Kiefer, Lärche, Buche incl. aLh und aLn und Eiche, im Unterstand die zwei Klassen Laubbäume und Nadelbäume. In jedem dieser Teilkollektive wurde mindestens eine Höhe gemessen, in der häufigsten Baumartengruppe des Hauptbestandes zwei.

Die übrigen Baumhöhen von Probefäumen ab 7 cm BHD wurden über Einheitshöhenkurven geschätzt. Die hier verwendeten Einheitshöhenkurven benötigen den BHD und die Höhe des Baumes mittleren Durchmessers. Die zu schätzende Höhe wird über den BHD des Baumes, dessen Höhe geschätzt werden soll, ermittelt. Parametrisiert wurden die Einheitshöhenkurven für den Hauptbestand und den Oberstand getrennt nach den sieben Baumartengruppen, im Unterstand getrennt nach Laub- und Nadelbäumen.

Merkmal und Maßeinheit	Formel	Formel-Nr.
BHD des Baumes mit mittlerem Durchmesser [mm] an der Traktecke	$\bar{d} = \frac{1}{Z} \sum_{z=1}^Z d_z$	6.2.3.1

Z: Anzahl der Stichprobenbäume im Teilkollektiv an der Traktecke,

z: Laufindex für Objekt Baum,

d_z : BHD des Baumes z.

Die Höhe des Baumes mittleren Durchmessers wurde mit einem Iterationsverfahren so bestimmt, dass die entsprechende Einheitshöhenkurve möglichst genau durch die gemessenen Höhen verläuft. Die Idee für dieses Verfahren beruht auf HRADETZKY 1999. Die Eingangsgrößen für die Iteration sind die Baumartengruppe, der $\bar{d}$ und der BHD sowie die Höhe des Baumes / der Bäume mit Höhenmessung ($\bar{d}_s$, $\bar{h}_s$).

Bei Vorliegen von zwei Messungen in einer Gruppe wird über die Grundfläche gemittelt:

Merkmal und Maßeinheit	Formel	Formel-Nr.
BHD des Grundflächenmittelstammes der Bäume mit Höhenmessung [mm] an der Traktecke	$\bar{d}_s = \sqrt{\bar{g}_s \frac{4}{\pi}} \cdot 1000$	6.2.3.2
arithmetische Mittel der Grundflächen der Probestämme mit Höhenmessung (Grundflächenmittelstamm) [m²] an der Traktecke	$\bar{g}_s = \frac{1}{z_s} \sum_{s=1}^{z_m} g_s$	6.2.3.3
mittlere Höhe der Bäume mit Höhenmessung (Lorey'sche Höhe) [dm] an der Traktecke	$\bar{h}_s = \frac{\sum_{i=1}^{z_s} h_s \cdot g_s}{\sum_{s=1}^{z_s} g_s}$	6.2.3.4

mit

Z_s : Anzahl der Stichprobenbäume mit Höhenmessung im Teilkollektiv an der Traktecke,
 s : Laufindex für Objekt Baum mit Höhenmessung
 g_s : Grundfläche des Baumes s .

Die Höhe $h_{\bar{d}}$ über dem BHD $\bar{d}$ wird so bestimmt, dass die Einheitshöhenkurve möglichst genau durch $\bar{h}_s$ verläuft.

	Formel	Formel-Nr.
	$f(h_{\bar{d}}) = EHK(\text{Baumartengruppe}, \bar{d}, \bar{d}_s) - \bar{h}_s = 0.$	6.2.3.5

Eine Nullstelle für die Funktion $f(h_{\bar{d}})$ kann iterativ mit der Regula falsi (Werner 1975) bestimmt werden. Als Startwerte werden zwei Höhen bestimmt, zwischen denen $h_{\bar{d}}$ mit ziemlicher Sicherheit liegt, nämlich $0,5 \bar{h}_s < h_{\bar{d}} < 1,2 \bar{h}_s$. Die Iterationsschritte $it = 1, \dots, n$ wurden durchgeführt nach der Formel

Merkmal und Maßeinheit	Formel	Formel-Nr.
Iteration	$h_{it+1} = h_{it} + \frac{h_{it-1} - h_{it}}{f(h_{it-1}) - f(h_{it})} \cdot f(h_{it})$ mit it = Iterationsschritt	6.2.3.6

Die Iteration wurde bei einer Differenz von weniger als 1 mm abgebrochen.

Die Höhen der Einzelbäume wurden mit den Einheitshöhenkurven nach Sloboda u. a. 1993 modelliert.

Merkmal und Maßeinheit	Formel	Formel-Nr.
modellierte Höhe für Stichprobenbäume der BWI ² [dm], sofern keine gemessene Baumhöhe vorliegt.	$h_z = 1,3 + (h_{\bar{d}} - 1,3) \cdot \exp\left(k_0 \left(1 - \frac{\bar{d}}{d_z}\right)\right) \cdot \exp\left(k_1 \left(\frac{1}{\bar{d}} - \frac{1}{d_z}\right)\right)$	6.2.3.7

Die Koeffizienten k_0 und k_1 wurden aus den Daten der BWI¹ für die Baumartengruppen geschätzt (Tabelle 9, (Dahm 2000)).

Tabelle 9: Koeffizienten für die Einheitshöhenkurvengleichungen

Baumartengruppe	k_0	k_1
Fichte	0,183	5,688
Tanne	0,079	3,992
Douglasie	0,240	6,033
Kiefer	0,290	1,607
Lärche	0,074	3,692
Buche	0,032	6,040
Eiche	0,102	3,387
aLh	0,122	5,040
aLn	0,032	4,240

6.2.4 Volumen von Probebäumen ab 7 cm BHD

Der Vorrat von Probebäumen ab 7 cm BHD wird aus den mit der Winkelzählprobe mit Zählfaktor = 4 ausgewählten Probebäumen ab 7 cm BHD ermittelt. Dazu werden Schaftkurvengleichungen (Splinefunktionen), die den BHD, den Durchmesser in 7 m Höhe und die Baumhöhe einbeziehen, baumindividuell angepasst und integriert. Das Verfahren ist beschrieben in KUBLIN et al. 1988, KUBLIN 2002.

Merkmal und Maßeinheit	Formel	Formel-Nr.
Volumen mit Rinde je Baum [m³]	volR volR wurde mit dem Programm BDat hergeleitet (KUBLIN)	6.2.4.1

Volumen ohne Rinde je Baum [m³]	volE volE wurde mit dem Programm BDat hergeleitet (KUBLIN)	6.2.4.2
---------------------------------	---	---------

Der Durchmesser in 7 m Höhe wurde bei der BWI² nur in den neuen Ländern an Bäumen der Traktecke A gemessen. Für alle anderen Bäume wurde er mit dem Programm BDat entweder fortgeschrieben bzw. so festgelegt, dass sich ein BWI¹-konformes Volumen ergibt, d.h. seine Formigkeit entspricht der Formigkeit eines Baumes der BWI¹ mit gleichem BHD und Höhe, dessen Durchmesser in 7 m Höhe gemessen worden war.

Die Stammhöhe wurde bei BWI² ebenfalls nicht mehr gemessen. Sie wurde entweder von der BWI¹ übernommen oder für die neuen Probestämme mit einer Zufallsfunktion abgeleitet. Dabei wurden für die einzelnen Baumarten dieselben Mittelwerte und Verteilungen erzeugt, wie sie bei der BWI¹ gefunden wurden.

6.2.5 Repräsentierende Stammzahl von jungen Bäumen

Junge Bäume bezeichnet die Bäume, die bei der BWI² in den Probekreisen r=1 m und r=1,75 m und bei der BWI¹ in den Probekreisen r=1 m, r=2 m und r=4 m erfasst wurden.

Merkmal und Maßeinheit	Formel	Formel-Nr.
Stammzahl aller Bäume im 1m-Probekreis [1/ha]	$N_{100}^{(ha)} = \frac{10000}{F_{100}} = \frac{10000}{3,1416} = 3183,1$	6.2.5.1
Stammzahl aller Bäume im 1,75m-Probekreis [1/ha] (nur bei BWI ²)	$N_{175}^{(ha)} = \frac{10000}{F_{175}^{kor}} \geq \frac{10000}{9,6211} \geq 1039,38$	6.2.5.2
Stammzahl aller Bäume im 2m-Probekreis [1/ha] (nur bei BWI ¹)	$N_{200}^{(ha)} = \frac{10000}{F_{200}} = \frac{10000}{12,5664} = 795,77$	6.2.5.3
Stammzahl aller Bäume im 4m-Probekreis [1/ha] (nur bei BWI ¹)	$N_{400}^{(ha)} = \frac{10000}{F_{400}} = \frac{10000}{50,2656} = 198,94$	6.2.5.4

6.2.6 Standfläche von Bäumen

Wie schon bei der Auswertung der BWI¹ wurde der Hauptbestand an den Traktecken in ideale Reinbestände aufgeteilt. Auswertungen des Hauptbestandes schließen den Plenterwald mit ein. Hierzu wurde für jeden Baum des Hauptbestandes, egal ob durch WZP/ZF4 oder durch Probekreis erfasst, eine Standfläche F_{st} geschätzt. Diese Standfläche entspricht etwa der Kronenprojektionsfläche. Die Summe aller Standflächen im Hauptbestand einer Traktecke wurden auf 10.000 m² normiert.

Merkmal und Maßeinheit	Formel	Formel-Nr.
Standfläche eines Baumes [m²]	$F_{sfl} = \alpha + \beta \cdot g$	6.2.6.1
Normierte Standfläche eines Baumes [m²]	$F_{sfl}^{nor} = F_{sfl} \cdot KF_{sfl}$	6.2.6.2
Korrekturfaktor je Traktecke zur Normierung der Standflächen im Hauptbestand auf 10.000 m²	$KF_{sfl} = \frac{10000}{\sum_z^Z N_z^{(ha)} \cdot F_{sfl,z}}$ z: Laufindex über alle Bäume im Bestand (WZP/ZF4 und Probestreife mit jungen Bäumen)	6.2.6.3

Die Konstanten α und β wurden für 13 Baumartengruppen von der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg bestimmt (Tabelle 10). α orientiert sich an den Ausgangsstandflächen bei Kunstverjüngungen, denn $\alpha = 10.000 \text{ [m}^2\text{/ha]} / \text{Pflanzenzahl einer Kunstverjüngung [Bäume/ha]}$.

Tabelle 10: Die Konstanten der Standflächenformel

Baumartengruppe	α	β	Höchststammzahl	Zugeordnete Baumarten
Fichte	2,85	195	3500	Alle Fichten sowie Lebensbaum, Hemlockstanne, Mammutbaum, Eibe, Lawsonszypresse, sonstige Nadelbäume
Tanne	2,85	200	3500	alle Tannen außer Hemlockstanne
Douglasie	5,00	200	2000	Douglasie
Kiefer	1,00	300	10000	alle Kiefern
Europäische Lärche	5,00	285	2000	Europäische Lärche
Japanische Lärche	5,00	260	2000	Japanische Lärche (+Hybrid)
Buche	1,33	300	7500	Buche, Heinbuche (Weißbuche)
Eiche	1,11	395	9000	Stieleiche, Traubeneiche, Zerreiche, Sumpfeiche
Roteiche	2,50	350	4000	Roteiche
Esche	2,50	330	4000	Alle sonst nicht genannten Laubbäume
Erle	2,50	435	4000	Erle, Schwarzerle, Weißerle/ Grauerle, Grünerle
Birke	2,50	525	4000	Gemeine Birke, Moorbirke (+Karpatenbirke)
Pappel	23,00	320	350	Alle Pappeln

Bäume im Nebenbestand bleiben unberücksichtigt, weil sie sich ihre Standfläche mit dem Hauptbestand teilen. Deshalb beziehen sich Angaben zum Hektarvorrat der Baumarten oder Altersklassen nur auf den Hauptbestand. An Traktecken ohne Probestämme im Hauptbestand wird die Fläche keiner Baumart, sondern der Lücke oder der Blöße zugeordnet.

6.2.7 Flächenanteil ideell / reell

Ergebnistabellen zu Waldflächen werden i. d. R. gegliedert (klassifiziert) nach Merkmalen, die an den Flächen-Aufnahmeeinheiten „Trakt“ oder „Traktecke“ erhoben wurden und diese als Ganzes beschreiben (z. B. Land, Höhe über NN, Eigentumsart, Bestockungstyp). Diese Merkmale finden sich in Vorspalte und Tabellenkopf einer Tabelle. Auswertungen, die nach diesen Merkmalen klassifizieren, spiegeln tatsächlich existierende, reelle Waldflächen wider. In einigen Fällen werden diese Flächen-Aufnahmeeinheiten weiter aufgeteilt: Z. B. werden Mischbestände in gleichaltrige Reinbestände (gleiche Altersklasse und Baumart) aufgeteilt. Diese werden als ideelle Waldfläche bezeichnet.

Die Aufteilung von reellen Waldflächen erfolgt bei der BWI unterschiedlich:

- Bestände werden aufgesplittet nach Standflächen der Bäume des Hauptbestandes,
- Jungbestockungen nach Deckungsgrad einer Baumart und

- Altbestockungen nach Grundflächenanteilen einer Baumart.

Wenn als Zielmerkmal „Wert/ha“ oder „Anteil an der Waldfläche“, also ein Wert je Fläche in einem Auswertungsgebiet (AG) – ein Ratio-Schätzer AG - ermittelt wird, kann die Fläche des zugehörigen Auswertungsgebietes eine reelle oder ideelle Waldfläche sein. Entsprechend haben auch die daraus abgeleiteten Ratio-Schätzer AG entweder einen reellen oder ideellen Flächenbezug. Insbesondere für Derbholz-Auswertungen werden in Deutschland meist „Werte/ha“ mit einem ideellen Flächenbezug (v. a. gleichaltrige Reinbestände) gewünscht.

Ein Vergleich von „Werte/ha“ zwischen Derbholz-Auswertungen mit reellem und ideellem Flächenbezug zeigt: Bei reellem Flächenbezug addieren sich die Einzelergebnisse zum Gesamtergebnis einer Ergebnistabelle, bei ideellem Flächenbezug hingegen sind die Einzelergebnisse wegen der kleineren Bezugsfläche deutlich höher und addieren sich nicht zum Gesamtergebnis. Das Gesamtergebnis ist in diesem Fall ein flächengewogenes Mittel der Einzelergebnisse.

Reeller Flächenanteil

Merkmal und Maßeinheit	Formel	Formel-Nr.
Flächenanteil je Traktecke	$p_{fl} = \{0;1\}$ bzw. $p_{fl}^k = \{0;1\}$ 0: Fläche gehört nicht zur Auswertungseinheit / zum Auswertungsgebiet 1: Fläche gehört zur Auswertungseinheit / zum Auswertungsgebiet	6.2.7.1
Flächenanteil je Traktabschnitt; nur Sonderfall bei Wegeinventur $n=M_h$; $M_{hi}=1$	$p_{Tab} = \{0,25;0,5;0,75;1\}$ 0,25: 1 Traktecke gehört zum Traktabschnitt, ca. 150m 0,5: 2 Traktecken gehören zum Traktabschnitt, ca. 300m 0,75: 3 Traktecken gehören zum Traktabschnitt, ca. 450m 1: 4 Traktecken gehören zum Traktabschnitt, ca. 600m	6.2.7.2

Ideeller Flächenanteil

Merkmal und Maßeinheit	Formel	Formel-Nr.
Normierter Standflächenanteil je Baum	$p_{sfl} = \frac{N^{(ha)} \cdot F_{sfl}^{nor}}{10000}$ z: Laufindex über alle Bäume im Bestand (WZP/ZF4 und Probekreise mit jungen Bäumen)	6.2.7.3
Anteil des Deckungsgrades je Traktecke	$p_{DG} = \frac{DG}{10}$	6.2.7.4
Deckungsanteil einer Baumart je Traktecke	$p_{DA} = \frac{DG \cdot DA}{100}$	6.2.7.5

6.2.8 Naturnähe der Baumartenzusammensetzung

Die Naturnähe der Baumartenzusammensetzung an der Traktecke wird bewertet durch einen Vergleich der heutigen Baumartenzusammensetzung mit der Baumartenzusammensetzung der natürlichen Waldgesellschaft. Die natürliche Waldgesellschaft ist im Wesentlichen definiert als die heutige potentiell natürl-

che Vegetation (hpnV) (Definition s. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 2001; Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection 2006, Kap. 5.6.5). Natürliche Waldgesellschaften mit gleicher oder ähnlicher Baumartencharakteristik sind zusammengefasst.

Für ganz Deutschland wurde eine abschließende Liste mit 40 natürlichen Waldgesellschaften erarbeitet. Diesen Waldgesellschaften wurden Baumarten zugeordnet, getrennt nach bis zu drei Hauptbaumarten, Neben-/Begleitbaumarten, Pionierbaumarten. Die Zuordnung konnte nach Wuchsgebieten, Wuchsbezirken und Höhenlage differenziert werden.

Die heutige Baumartenzusammensetzung auf der Stichprobe wurde erfasst für

- Bäume > 4 m Höhe durch eine Winkelzählprobe mit Zählfaktor 1 oder 2 (Altbestockung) und für
- Bäume ≤ 4 m Höhe (Jungbestockung) durch eine Schätzung der Anteile der Baumarten im 10-m-Kreis.

Dafür wurde die Baumartenzusammensetzung am Stichprobenpunkt ohne Berücksichtigung von Bestandesgrenzen beschrieben. Die übliche forstliche Sichtweise in Beständen wird zugunsten einer ökologischen Sicht auf den Waldort aufgegeben. Somit werden dort, wo unterschiedliche Reinbestände aneinander grenzen, Mischbestockungen ausgewiesen. Damit werden die Verhältnisse insbesondere bei klein strukturierten Bewirtschaftungseinheiten zutreffender charakterisiert als mit einer Bestandesbeschreibung.

Die Naturnähe der Baumartenzusammensetzung wurde getrennt nach Hauptbestockung, Jungbestockung und Altbestockung für jede Traktecke bewertet nach Tabelle 11.

Tabelle 11: Naturnähe der Baumartenzusammensetzung - Bewertungsschema

Naturnähe-Stufe	Kriterien für die Naturnähe (UND-Verknüpfung)			
	Anteil der Baumarten der natürlichen Waldgesellschaft (Haupt-, Neben-, Pionierbaumarten zusammen)	Anteil der Hauptbaumarten der natürlichen Waldgesellschaft	Vollständigkeit der Hauptbaumarten der natürlichen Waldgesellschaft	Anteil der außereuropäischen Baumarten
Sehr naturnah (1)	≥ 0,9	≥ 0,5	= 1,0	≤ 0,1
Naturnah (2)	≥ 0,75 und < 0,9	≥ 0,1 und < 0,5	< 1,0	> 0,1 und ≤ 0,3
Bedingt naturnah (3)	≥ 0,5 und < 0,75	< 0,1		> 0,3
Kulturbetont (4)	≥ 0,25 und < 0,5			
Kulturbestimmt (5)	< 0,25			

Die Einstufung wird zunächst für jedes Kriterium separat ermittelt. Die schlechteste Einstufung ergibt die Naturnähe. Anteil ist für Bäume > 4 m Höhe Grundflächenanteil und für Bäume bis 4 m Höhe geschätzter Anteil im $r=10$ m.

Außereuropäische Baumarten (Exoten) bezeichnet die vom Menschen neuzeitlich eingeführten, ursprünglich außereuropäisch verbreiteten Baumarten, auch wenn sie nach ihrer Einbürgerung Bestandteil der natürlichen Waldgesellschaft geworden sind.

Heimische Baumarten und damit Baumarten der natürlichen Waldgesellschaft können nach Definition Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) eingebürgerte Baumarten sein.

6.2.9 Bestockungstypen

Die Bestockungstypen werden aus den Aufnahmen zur horizontalen und vertikalen Struktur des Baumbestandes für die Traktecke hergeleitet (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 2001; Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection 2006, Kapitel 5.6.1). Die Datengrundlage bilden die Baumartenanteile in der Bestockung, die entweder mit der Winkelzählprobe (Zählfaktor 1 bzw. 2) oder im Probekreis $r = 10$ m erfasst wurden.

Bestockungstypen werden durch die führende Baumartengruppe und ggf. vorhandene Beimischungen charakterisiert. Führende Baumartengruppe ist diejenige mit dem größten Anteil in der Hauptbestockung. Die anderen Baumarten der Hauptbestockung sind Beimischungen.

Analog wurden Bestockungstypen für Jungbestockung und Altbestockung gebildet.

Führende Baumartengruppe

Führende Baumartengruppen werden auf der Basis der botanischen Gattungen gebildet. Andernfalls würden sehr viele Bestockungstypen entstehen. Zudem würden Mischungen aus nahe verwandten Arten einer Gattung zu Mischbestockungen erklärt. Selten auftretende Gattungen werden zusammengefasst. Es wurde nach zwölf führenden Baumartengruppen klassifiziert. Dies geht über die ansonsten bei der BWI üblichen neun Baumartengruppen hinaus, da Birken, Erlen und Eschen relativ häufig als führende Baumartengruppe vorkommen. Bei Tanne wurde die Liste abgeschlossen, weil dann alle der neun bei der BWI üblichen Baumartengruppen enthalten sind. Die 13. Gruppe sammelt alle Bestockungen, in denen keine Gattung überwiegt (s. Tabelle 12).

Tabelle 12: Bestockungstypen und führende Baumart

Nr.	führende Baumart	Name des Bestockungstyps
1.	Alle Fichten und sonstige Nadelbäume	Fichten-Typ
2.	Alle Kiefern	Kiefern-Typ
3.	Buche	Buchen-Typ
4.	Alle Eichen	Eichen-Typ
5.	Sonstige Laubbäume mit hoher Lebensdauer	Typ sonstige Laubbäume mit hoher Lebensdauer
6.	Alle Birken	Birken-Typ
7.	Douglasie	Douglasien-Typ
8.	Alle Erlen	Erlen-Typ

9.	Alle Lärchen	Lärchen-Typ
10.	Alle Eschen	Eschen-Typ
11.	Sonstige Laubbäume mit niedriger Lebensdauer	Typ sonstige Laubbäume mit niedriger Lebensdauer
12.	Alle Tannen	Tannen-Typ
13.	Typ mit mehreren gleichrangigen Baumarten	Typ mit mehreren gleichrangigen Baumarten

Beimischung

Zur Charakterisierung der Beimischung werden Laubbäume und Nadelbäume unterschieden. Jede weitere Differenzierung hätte sehr viele selten auftretende Mischungsformen zur Folge. Als Grenzwert zur Unterscheidung von Rein- und Mischbestockung wird 10 % festgelegt. Im Probekreis werden kleinere Anteile ohnehin nicht angegeben. Deshalb werden auch bei der WZP mit Zählfaktor 1 oder 2 Anteile unter 10 % ignoriert. Unterhalb dieses Grenzwertes werden auch Laub- bzw. Nadelbaumbeimischungen nicht angegeben. Nach diesen Regeln ergibt sich für jeden der 13 Bestockungstypen vier Mischungsformen (ohne, mit Nadelbeimischung, mit Laubbeimischung, mit Laub/Nadelbeimischung).

Laub/Nadel-Waldtypen

Bei der Fernerkundung und in der internationalen Berichterstattung wird häufig lediglich nach Laubwald, Nadelwald und Laub-Nadel-Mischwald unterschieden. Deshalb werden bei der BWI zusätzlich Laub/Nadel-Waldtypen hergeleitet. Dazu werden alle Bäume der Hauptbestockung, egal ob führende Baumart oder Beimischung, zu den Klassen Laubbäume und Nadelbäume zusammengefasst. Die überwiegende Klasse bestimmt den Laub/Nadel-Waldtyp. Das muss nicht konsistent zur führenden Baumartengruppe auf der Basis der botanischen Gattung sein: Auch wenn z. B. Fichte führende Baumartengruppe ist, kann der Anteil aller Laubbäume größer sein als der aller Nadelbäume.

Daraus ergeben sich die Laub/Nadel-Waldtypen Laubwälder, Nadelwälder, jeweils in der Mischungsform mit/ohne Beimischung und Laub/Nadel-Mischwälder mit gleichen Anteilen.

Bezugsfläche der Bestockung

Bei den Aufnahmen zur horizontalen und vertikalen Struktur des Baumbestandes wird, anders als bei der BWI¹, die am Stichprobenpunkt vorhandene Waldstruktur unabhängig von Bestandesgrenzen erfasst. Die Struktur an Stichprobenpunkten, die an der Grenze von unterschiedlichen Reinbeständen liegen, werden somit als Mischbestockung eingestuft werden. Darum sind die Bestockungstypen der BWI² nicht mit den Bestandestypen der BWI¹ vergleichbar. Des weiteren unterscheiden sich die Kriterien für die Herleitung der Bestockungstypen der BWI² bzw. Bestandestypen der BWI¹.

6.2.10 Totholzvolumen

Folgende Merkmale wurden abgeleitet:

Merkmal und Maßeinheit	Formel	Bedingung / Meßwert	Formel-Nr.
Totholzvolumen je Totholzstück [m ³]	$vol_{tot} = \frac{\pi \cdot d_{tot}^2 \cdot l_{tot}}{4 \cdot 100^2 \cdot 10}$	Totholzart 1 – liegend: Mittendurchmesser und Länge Totholzart 4 – Wurzelstöcke: Schnittflächendurchmesser und Stockhöhe Totholzart 5 – Abfuhrrest: durchschnittlicher Mittendurchmesser und Summe der Längen	6.2.10.1

	vol _{tot} wurde mit Programm BDat berechnet - wie lebender Baum	Totholzart 2 – stehend, ganzer Baum: BHD und Höhe	6.2.10.2 analog 6.2.4.1
	vol _{tot} wurde mit Programm BDat berechnet - wie lebender gebrochener Baum	Totholzart 3 – stehend, Bruchstück: BHD und Höhe	
Totholzvolumen je Totholzstück [m³/ha]	$vol_{tot}^{(ha)} = \frac{vol_{tot} \cdot 10000}{F_{500}^{kor}}$		6.2.10.3

6.2.11 Waldrandlänge / Bestandesrandlänge

Waldränder / Bestandesränder wurden im Probekreis r = 25 m mit ihren Koordinaten bezüglich der Traktecken eingemessen. Es waren maximal zwei gerade oder geknickte Ränder zugelassen. Für sie wurden pro Randabschnitt die Länge innerhalb des 25m-Probekreises und die Exposition hergeleitet.

Merkmal und Maßeinheit	Formel	Formel-Nr.
Länge je Wald- bzw. Bestandesrandabschnitt [cm]	l_{WR} wurde mit dem Programm PlotWZ hergeleitet	
Waldrandlänge je Wald- bzw. Bestandesrandabschnitt [m/ha]	$l_{WR}^{(ha)} = \frac{2 \cdot l_{WR} \cdot 10000}{100 \cdot F_{2500}} = \frac{2 \cdot l_{WR} \cdot 10000}{100 \cdot 1963,5}$ $l_{WR}^{(ha)} = l_{WR} \cdot 0,1019$	6.2.11.1
Waldrandexposition je Wald- bzw. Bestandesrandabschnitt [gon]	$\exp_{WR}$ wurde mit dem Programm PlotWZ hergeleitet	

6.2.12 Wegelänge

Wege wurden durch die Anzahl der Wegeschnittpunkte mit der Traktlinie aufgenommen. Daraus wurde die Wegelänge abgeleitet:

Merkmal und Maßeinheit	Formel	Formel-Nr.
Länge des Traktabschnittes [m]	$l_{Tab} = \{150; 300; 450; 600\}$ 150: 1 Traktecke gehört zum Traktabschnitt, ca. 150 m 300: 2 Traktecken gehören zum Traktabschnitt, ca. 300 m 450: 3 Traktecken gehören zum Traktabschnitt, ca. 450 m 600: 4 Traktecken gehören zum Traktabschnitt, ca. 600 m	6.2.12.1

Wegelänge je Wegeschnittpunkt [m/ha]	$l_{WE}^{(ha)} = \frac{\pi \cdot 10000}{2 \cdot l_{Tab}}$	6.2.12.2
--------------------------------------	---	----------

6.2.13 Modellierung von Einzelbaumwerten für andere Zeitpunkte

Für die Berechnungen von Zuwachs und Abgang (s. Kap. 6.4.3) müssen für ausgeschiedene oder eingewachsene WZP/ZF4-Bäume Merkmale für andere Zeitpunkte modelliert werden.

Das BHD-Wachstum und das Höhen-Wachstum wird mit der Trendfunktion nach Sloboda modelliert. Jeder Probebaum wird mit seinem zum Zeitpunkt BWI² oder BWI¹ gemessenen BHD und Alter bzw. Höhe und Alter in die Trendfunktion nach Sloboda eingehängt. Diese Wachstumsfunktionen sind bundesweit identisch. Da mit d_{age_0} bzw. h_{age_0} und age_0 das bisherige Wachstum des jeweiligen Probebaumes in die Funktion eingeht, sind regionale Wachstumsbedingungen berücksichtigt. Die Wachstumskurven wurden mit Ergebnissen von langfristigen Versuchsreihen überprüft und bestätigt (NAGEL).

Im Gegensatz zur BWI wird das Höhenwachstum für die Jahre 2003 bis 2042 bei der Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung (WEHAM) mit der Tariffunktion nach Petterson modelliert (BMELV, 2005, S. 12).

Merkmal und Maßeinheit	Formel	Formel-Nr.
BHD zum Periodenbeginn bzw. zur Periodenmitte	$d_{age} = \gamma \cdot \left[\frac{d_{age_0}}{\gamma} \right]^{e^{\left\{ \frac{\beta}{(\alpha-1)age^{(\alpha-1)}} - \frac{\beta}{(\alpha-1)age_0^{(\alpha-1)}} \right\}}}$ mit: d_{age_0} BHD zum Periodenanfang (BWI¹) oder Periodenende (BWI²) α, β, γ = s. Tabelle 13	6.2.13.1

Höhe zum Periodenbeginn bzw. zur Periodenmitte	$h_{age} = \gamma \cdot \left[\frac{h_{age_0}}{\gamma} \right]^{e^{\left\{ \frac{\beta}{(\alpha-1)age^{(\alpha-1)}} - \frac{\beta}{(\alpha-1)age_0^{(\alpha-1)}} \right\}}}$ mit: h_{age_0} Höhe zum Periodenanfang (BWI¹) oder Periodenende (BWI²) α, β, γ = s. Tabelle 13	6.2.13.2
--	---	----------

Tabelle 13: Parameter der Trendfunktion nach Sloboda

Wachstums-Baumartengruppe	BHD			Höhe		
	α	β	γ	α	β	γ
Fichte	0,17482531	0,03284337	12386091,818	0,12243962	0,3849221	86,25013960
Tanne	0,13759375	0,03001443	38867351654,829	0,01861697	0,49658900	119,46041290
Douglasie	0,24962449	0,08861719	3336,334	0,20151305	0,38530162	81,63272241
Kiefer	-0,0485639	0,16628140	3763,495	0,10719293	0,32613030	102,22405060
Lärche	0,24052936	0,08744231	831,701	0,23592800	0,22624537	89,19304759
Buche	0,26594263	0,03653583	158912,797	0,40161544	0,09662226	127,10273293
Eiche	0,21303195	0,03344568	587972,022	0,45459366	0,06938817	129,43655881
Hainbuche	0,28038698	-0,02770600	0,018	0,20572698	-0,12719600	2,19717529
Birke	0,09795803	0,06243900	7449,941	-0,01812601	0,04336300	30655265,22438040

6.2.14 Merkmalsdifferenzen zwischen zwei Zeitpunkten

Differenzen von Merkmalen zwischen zwei Inventurzeitpunkten spiegeln Entwicklungen wider. Sie können auf verschiedenen Ebenen gebildet werden, z. B. auf aggregierten Ebenen (s. Kap. 6.4.2) oder auf Objektebene (z. B. für Bäume, Traktecken). In diesem Kapitel wird der zweite Fall behandelt. Diese Differenzen sind Inputs für Hochrechnungen von Zugangs- und Abgangsgrößen (s. Kap. 6.4.3).

Merkmal und Maßeinheit	Formel	Formel-Nr.
Allgemein:	$\Delta x = x'' - x'$ wobei x'' - Merkmalswert zum Periodenende (BWI²) x' - Merkmalswert zum Periodenanfang (BWI¹)	6.2.14.1

	z'' - Laufindex über alle zugehörigen Bäume Z'' am Periodenende (BWI ²) z' - Laufindex über alle zugehörigen Bäume Z' am Periodenanfang (BWI ¹)	
Anteil der Flächenveränderung je Traktecke Reell	$\Delta p_{Fl} = p''_{Fl} - p'_{Fl}$	6.2.14.2
Ideell nach Standflächen aufgeteilt	$\Delta p_{sfl} = \sum_{z''}^{Z''} N''^{(ha)} \cdot p''_{sfl,z''} - \sum_{z'}^{Z'} N'^{(ha)} \cdot p'_{sfl,z'}$	6.2.14.3
Vorratsveränderung mit Rinde [m ³ /ha] je Traktecke	$\Delta vfm^{(ha)} = vfm''^{(ha)} - vfm'^{(ha)}$ $\Delta vfm^{(ha)} = \sum_{z''}^{Z''} N''^{(ha)} \cdot volR''_{z''} - \sum_{z'}^{Z'} N'^{(ha)} \cdot volR'_{z'}$	6.2.14.4
Vorratsveränderung ohne Rinde [m ³ /ha] je Traktecke	$\Delta efm^{(ha)} = efm''^{(ha)} - efm'^{(ha)}$ $\Delta efm^{(ha)} = \sum_{z''}^{Z''} N''^{(ha)} \cdot volE''_{z''} - \sum_{z'}^{Z'} N'^{(ha)} \cdot volE'_{z'}$	6.2.14.5
Grundflächenveränderung [m ² /ha] je Traktecke	$\Delta g^{(ha)} = g''^{(ha)} - g'^{(ha)}$ $\Delta g^{(ha)} = \sum_{z''}^{Z''} N''^{(ha)} \cdot g''_{z''} - \sum_{z'}^{Z'} N'^{(ha)} \cdot g'_{z'}$	6.2.14.6

Positive Δx werden i. d. R. als Zunahme oder Zugang interpretiert (z. B. Waldflächenzunahme), negative Δx als Abnahme oder Abgang. Das sind jeweils Netto-Differenzen. Häufig sind aber Bruttodifferenzen von Interesse wie die Neuwaldfläche (= Erstaufforstungsfläche), der Bruttozuwachs oder der genutzte Vorrat. Prinzipiell können Entwicklungen von Merkmalen aus Sicht des späteren Inventurzeitpunktes (Endwert; Periodenende; BWI²) oder aus Sicht des früheren Inventurzeitpunktes (Anfangswert; Periodenanfang; BWI¹) betrachtet werden (s. Abbildung 6).

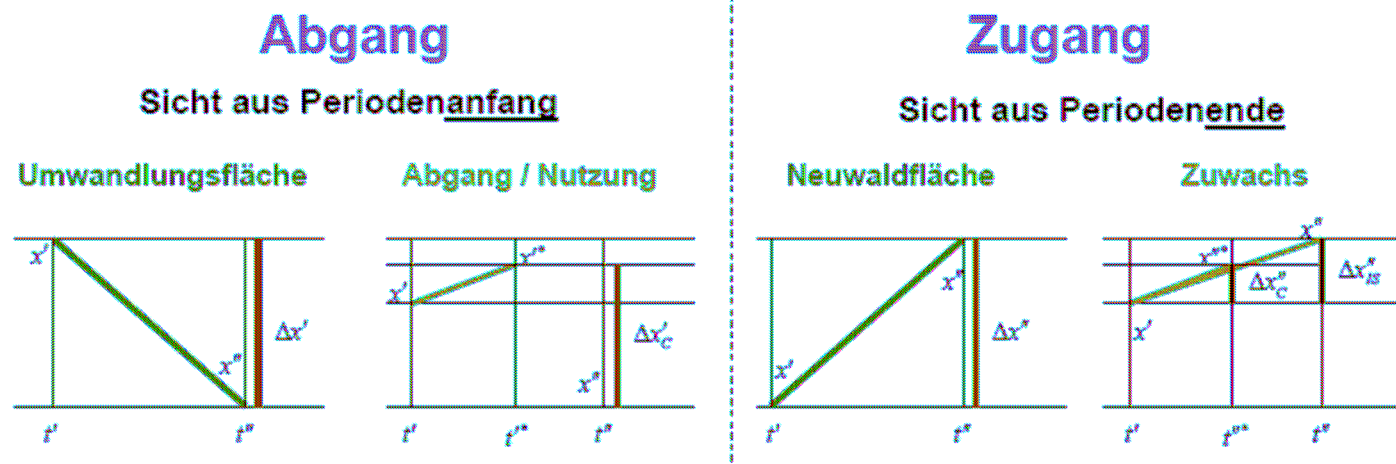


Abbildung 6: Differenzbildung von Merkmalen auf Objektebene

Merkmal und Maßeinheit	Formel	Formel-Nr.
Allgemein:		
Veränderung aus Sicht des späteren Inventurzeitpunktes (Perioden endes)	$\Delta x'' = x'' - x'$	6.2.14.7
Veränderung aus Sicht des früheren Inventurzeitpunktes (Perioden anfang)	$\Delta x' = x' - x''$	6.2.14.8
	Prinzipiell gilt $ \Delta x'' = \Delta x' $	
Anteil der Neuwaldfläche (reell)	$\Delta p_{Fl}'' = p_{Fl}'' - p_{Fl}' = \{0;1\}$ mit $p_{Fl}'' > 0$	6.2.14.9
Anteil der Umwandlungsfläche (reell)	$\Delta p_{Fl}' = p_{Fl}' - p_{Fl}'' = \{0;1\}$ mit $p_{Fl}' > 0$	6.2.14.10

Der Bruttozuwachs des Vorrates bzw. die Nutzung des Vorrates kann nicht aus der Differenz von Trakteckenwerten ermittelt werden, da auf einer Ecke sowohl Bäume gewachsen als auch ausgefallen sind bzw. entnommen wurden. Deshalb sind der Bruttozuwachs oder die Nutzung nur über die Schätzung von Einzel-

baumdaten möglich. Durch den großen Zeitabstand von BWI¹ und BWI² von ca. 15 Jahren muss der Zuwachs der ausgefallenen Probestämme berücksichtigt werden, da ansonsten sowohl der Bruttozuwachs als auch die Nutzung unterschätzt würden. Dazu wird unterstellt, dass ausgefallene Bäume durchschnittlich bis zur Periodenmitte weiterwachsen. Dies wird bei der Differenzbildung von Baummerkmalen berücksichtigt.

Merkmal und Maßeinheit	Formel	Formel-Nr.
Merkmalswert zum auf die Periodenmitte korrigierten Anfangswert bzw. korrigierten Endwert	x'^* bzw. x''^*	
Zuwachs an eingewachsenen (ingrowth) und überlebenden (survivor) Bäumen: Die Zuwächse können bei überlebenden Bäumen im Einzelfall negativ sein. Das ist stichprobentheoretisch und messmethodisch bedingt. Hinweis: Prinzipiell gilt $\Delta x''_{IS} = x''_{IS} - x'_{IS}$ $\Delta x''^{(ha)}_{IS} = N''^{(ha)} \cdot \Delta x''_{IS}$ mit IS = ingrowth, survivor		
Zuwachs an Volumen mit Rinde [m ³]	$\Delta vol R''_{IS} = vol R''_{IS} - vol R'_{IS}$	6.2.14.11
Zuwachs an Grundfläche [m ²]	$\Delta g''_{IS} = g''_{IS} - g'_{IS}$	6.2.14.12
Zuwachs an Durchmesser [mm]	$\Delta d''_{IS} = d''_{IS} - d'_{IS}$	6.2.14.13
Zuwachs an Höhe [dm]	$\Delta h''_{IS} = h''_{IS} - h'_{IS}$	6.2.14.14
Zuwachs an ausgefallenen bzw. genutzten Bäumen (cut): Hinweis: Prinzipiell gilt $\Delta x''_C = x''^*_C - x'_C$ $\Delta x''^{(ha)}_C = N'^{(ha)} \cdot \Delta x''_C$ mit c = cut		
Zuwachs an Volumen mit Rinde [m ³]	$\Delta vol R''_C = vol R''^*_C - vol R'_C$	6.2.14.15
Zuwachs an Grundfläche [m ²]	$\Delta g''_C = g''^*_C - g'_C$	6.2.14.16
Zuwachs an Durchmesser [mm]	$\Delta d''_C = d''^*_C - d'_C$	6.2.14.17
Zuwachs an Höhe [dm]	$\Delta h''_C = h''^*_C - h'_C$	6.2.14.18

Nutzung von Merkmalen an ausgefallenen bzw. genutzten Bäumen: Hinweis: Prinzipiell gilt $\Delta x'_C = x'^*_C - x''_C$, wobei bei vollständig ausgefallenen Bäumen immer gilt: $x''_C = 0$ $\Delta x'_C = x'^*_C$ $\Delta x'^{(ha)}_C = N'^{(ha)} \cdot \Delta x'_C$		
Nutzung an Volumen mit Rinde [m ³]	$\Delta vol R'_C = vol R'^*_C$	6.2.14.19
Nutzung an Volumen ohne Rinde [m ³]	$\Delta vol E'_C = vol E'^*_C$	6.2.14.20
Nutzung an Grundfläche [m ²]	$\Delta g'_C = g'^*_C$	6.2.14.21

6.3 Hochrechnung von Zustandsgrößen

Alle Zielmerkmale für den Zustand lassen sich mit drei Hochrechnungstypen (Schätzern) berechnen (s. Tabelle 17):

- Mittelwerte^G bezogen auf die Gesamtfläche Wald und Nichtwald,
- Gesamtwerte,
- Ratio-Schätzer.

Beispiele enthält Tabelle 14.

Zunächst werden Einzelmerkmale von Objekten über die Ebenen Traktecke, Trakt und Verdichtungsgebiete summiert. Danach wird auf der Ebene der Verdichtungsgebiete zunächst der Mittelwert^G gebildet. Bei Bedarf können dann auch andere Werte wie Gesamtwerte und Ratio-Schätzer hergeleitet werden (s. Tabelle 16, Tabelle 17).

Mittelwerte^G (z. B. Anteil des Waldes an der Gesamtfläche [%], Vorrat [m³/ha], Grundfläche [m²/ha] etc. bezogen auf die Gesamtfläche Wald und Nichtwald) haben nur eine Zufallskomponente, da die Anzahl der Traktecken M in einem Gebiet (z.B. Land, Wuchsgebiet, Bund), über die gemittelt wird, konstant ist. Damit ist die Berechnung der Varianz bzw. des Stichprobenfehlers für diese Mittelwerte^G relativ einfach. Die meisten Mittelwerte^G haben nur unter speziellem Blickwinkel eine Bedeutung (z.B. Waldflächenanteil, Vorrat je Hektar Wald und Nichtwald als Planungsgröße für die Logistik in der Holzindustrie). In diese Mittelwerte^G geht für Nichtwaldecken und Waldecken, die nicht zu den betrachteten Auswertungsgebieten bzw. -einheiten gehören, der Wert 0 ein, so dass diese Mittelwerte relativ klein werden. Durch Multiplikation von Mittelwerten^G mit der Gesamtfläche A bzw. A_h können aber Gesamtwerte (wie Flächen oder Mengen) ermittelt werden, die wichtige Inventurergebnisse sind. Außerdem können zwei Mittelwerte^G zueinander ins Verhältnis (Ratio-Schätzer) gesetzt werden (z. B. Vfm/ha in einem Auswertungsgebiet¹, h/d-Verhältnis, Anteil von ... in einer übergeordneten Auswertungseinheit o. ä.) und somit Schätzwerte errechnet werden, die bedeutungsvoll sind.

Je nach Input für x_{hij} und y_{hij} können unterschiedlichste Zielmerkmale gebildet werden, wobei der Input immer ein Anteil (z.B. Flächenanteil, Schadanteil) oder ein Wert je Fläche (z.B. Vorrat/ha, Stammzahl/ha, Wegelänge/ha) ist (s. Tabelle 14).

¹ z.B. im Wald einer bestimmten Eigentumsart oder Baumartengruppe

Tabelle 14: Beispiele für Zustandsgrößen bei BWI² und notwendige Inputs für die Hochrechnung

Zielmerkmal (Zustandsgröße)	Hochrech- nungstyp	Input für Hochrechnung, s. Tabelle 17; (Erklärung der Bezeichnungen: s. u.) Summen laufen über alle zugehörigen Objekte z Hinweis: Objekte für y und x, die nicht zu einer be- stimmten Auswertungseinheit oder zu einem be- stimmten Auswertungsgebiet gehören, gehen mit dem Wert 0 für x_{hijz} bzw. y_{hijz} ein. Die Klassifizierun- gen können sich für y und x unterscheiden.	
		y_{hij}	x_{hij}
Themengruppe: Flächen, auch ideelle (Traktecken)			
Waldflächenanteil [%]	Mittelwert ^G	$\sum N^{(ha)} \cdot p_{sfl}$ oder p_{fl} oder p_{DG} oder $\sum p_{DA}$	-
Waldfläche [ha]	Gesamtwert	$\sum N^{(ha)} \cdot p_{sfl}$ oder p_{fl} oder p_{DG} oder $\sum p_{DA}$	-

Anteil an der Waldfläche [%]	Ratio-Schätzer	$\sum N^{(ha)} \cdot p_{sfl}$ oder p_{fl} oder p_{DG} oder $\sum p_{DA}$	$\sum N^{(ha)} \cdot p_{sfl}$ oder p_{fl} oder p_{DG} oder $\sum p_{DA}$
Themengruppe: Derbholz, Bäume ab 7 cm BHD			
Stammzahl	Gesamtwert	$\sum N^{(ha)}$	-
Stammzahl [1/ha]	Ratio-Schätzer	$\sum N^{(ha)}$	$\sum N^{(ha)} \cdot p_{sfl}$ oder p_{fl}
Grundfläche [m²]	Gesamtwert	$\sum N^{(ha)} \cdot g$	-
Grundfläche [m²/ha]	Ratio-Schätzer	$\sum N^{(ha)} \cdot g$	$\sum N^{(ha)} \cdot p_{sfl}$ oder p_{fl}
Vorrat [m³]	Gesamtwert	$\sum N^{(ha)} \cdot volR$	-
Vorrat [m³/ha]	Ratio-Schätzer	$\sum N^{(ha)} \cdot volR$	$\sum N^{(ha)} \cdot p_{sfl}$ oder p_{fl}
Vorrat je Baum [m³]	Ratio-Schätzer	$\sum N^{(ha)} \cdot volR$	$\sum N^{(ha)}$
Grundfläche je Baum [m²]	Ratio-Schätzer	$\sum N^{(ha)} \cdot g$	$\sum N^{(ha)}$
Baumdurchmesser [cm]	Ratio-Schätzer	$\sum N^{(ha)} \cdot d / 10$	$\sum N^{(ha)}$
Baumhöhe [m]	Ratio-Schätzer	$\sum N^{(ha)} \cdot h / 10$	$\sum N^{(ha)}$
Baumalter [a]	Ratio-Schätzer	$\sum N^{(ha)} \cdot age$	$\sum N^{(ha)}$

Mittelhöhe (nach Lorey) [m]	Ratio-Schätzer	$\sum N^{(ha)} \cdot g \cdot h / 10$	$\sum N^{(ha)} \cdot g$
flächengewogenes Alter	Ratio-Schätzer	$\sum N^{(ha)} \cdot p_{sfl} \cdot age$	$\sum N^{(ha)} \cdot p_{sfl}$
h/Alter-Verhältnis	Ratio-Schätzer	$\sum N^{(ha)} \cdot h / 10$	$\sum N^{(ha)} \cdot age$
h/d-Verhältnis	Ratio-Schätzer	$\sum N^{(ha)} \cdot h / 10$	$\sum N^{(ha)} \cdot d / 10$
Themengruppe: Junge Pflanzen (z. B. für Verbissaussagen)			
Anzahl	Gesamtwert	$\sum N^{(ha)}$	-
Anzahl [1/ha]	Ratio-Schätzer	$\sum N^{(ha)}$	p_{fl}
Anteil an Pflanzen	Ratio-Schätzer	$\sum N^{(ha)}$	$\sum N^{(ha)}$
Themengruppe: Waldränder			
Waldrandlänge [m]	Gesamtwert	$\sum l_{WR}^{(ha)}$	-
Waldrandlänge [m/ha]	Ratio-Schätzer	$\sum l_{WR}^{(ha)}$	p_{fl}
Themengruppe: Totholz			
Totholzvorrat [m³]	Gesamtwert	$\sum vol_{tot}^{(ha)}$	-
Totholzvorrat [m³/ha]	Ratio-Schätzer	$\sum vol_{tot}^{(ha)}$	p_{fl}
Anteil am Totholzvorrat	Ratio-Schätzer	$\sum vol_{tot}^{(ha)}$	$\sum vol_{tot}^{(ha)}$
Themengruppe: Wege (Walderschließung)			
Wegelänge [m]	Gesamtwert	$\sum l_{WE}^{(ha)}$	-
Wegelänge [m/ha]	Ratio-Schätzer	$\sum l_{WE}^{(ha)}$	p_{Tab}

mit

Merkmal	Erläuterung in Kapitel
$p_{fl} = \{0, 1\}$ = Anteil an der Gesamtfläche (reell)	6.2.7
p_{DG} = Anteil am Deckungsgrad	6.2.7
p_{DA} = Deckungsanteil einer Baumart	6.2.7
p_{Sfl} = normierter Standflächenanteil eines Baumes	6.2.7
$N^{(ha)}$ = repräsentierende Stammzahl eines Baumes [1/ha]	6.2.2 und 6.2.5
g = Grundfläche eines Baumes [m ²]	6.2.1, Tabelle 8
d = Durchmesser eines Baumes [mm]	
h = Höhe eines Baumes [dm]	
age = Alter eines Baumes [a]	
$volR$ = Volumen eines Baumes [m ³]	6.2.4
$vol_{tot}^{(ha)}$ = Totholzvolumen mit Rinde je Totholzstück [m ³ /ha]	6.2.10
$l_{WR}^{(ha)}$ = Waldrandlänge je Waldrandabschnitt [m/ha]	6.2.11
$l_{WE}^{(ha)}$ = Wegelänge je Wegeschnittpunkt [m/ha]	6.2.12
p_{Tab} = Anteil an der Gesamtfläche	6.2.7

Zugangs- und Abgangsgrößen werden als Zustandsgrößen aufgefasst. Für y_{hij} werden allerdings Differenzen übergeben, die schon vor der Hochrechnung auf Objektebene ermittelt wurden (s. Kapitel 6.4.1). Diese Zustandsberechnung wurden bei Abgang als Anfangswertverfahren und bei Zuwachs als Endwertverfahren ausgeführt (Dahm 2006; SCHIELER 1997; HRADEZKY u. POKORNY 1996). Zu beachten ist weiterhin die korrekte Festlegung von A, N und M (s. Kap. 6.4.1).

Auswertungen erfolgen nur selten für den Wald insgesamt, sondern differenziert nach Auswertungseinheiten. Bei Ratio-Schätzern können unterschiedliche Klassifizierungen zur Unterscheidung von Auswertungseinheiten bzw. –gebieten für den Dividenten $\Sigma(y_{hij})$ und den Divisor $\Sigma(x_{hij})$ angewandt werden. Es gilt:

- Der Divident wird nach untergeordneten Auswertungseinheiten differenziert,
- der Divisor wird nach Auswertungsgebieten oder übergeordneten Auswertungseinheiten differenziert.
- Die Klassifizierung von Auswertungsgebieten und über- bzw. untergeordneten Auswertungseinheiten ist hierarchisch, d.h.
 - o Auswertungseinheiten sind wie Auswertungsgebiete oder detaillierter differenziert bzw.
 - o untergeordnete Auswertungseinheiten sind wie übergeordnete Auswertungseinheiten oder detaillierter differenziert.

Tabelle 15: Beispiele für Klassifizierungen von Auswertungsgebieten und Auswertungseinheiten

Themengruppe	Gebiet (Fläche Wald und Nichtwald)	AG=Auswertungsgebiet	AE=Auswertungseinheit	
			AEg=..., gesamt (übergeordnet)	AEk=..., klassifiziert (untergeordnet)
Derbholz, erweitert (inkl. dendro- metrischer Größen)	Land	Land Jahr Eigentumsart Baumartengruppe Baumaltersklasse		Land Jahr Eigentumsart Baumartengruppe Baumaltersklasse BHD-Stufe
Totholz	Land	Land Jahr Eigentumsart	Land Jahr Eigentumsart Totholzart	
Flächen	Land		Land Jahr Eigentumsart	
Junge Pflanzen	Land	Land Jahr Eigentumsart	Land Jahr Eigentumsart Baumart Schutz	Land Jahr Eigentumsart Baumart Schutz Verbiss
Nutzung Derbholz	Land	Land Periode Eigentumsart Baumartengruppe Baumaltersklasse		Land Periode Eigentumsart Baumartengruppe Baumaltersklasse BHD-Stufe

Bei der Hochrechnung bleiben diese Klassifizierungen über alle Aggregationsebenen erhalten. Dies ist an einem Beispiel für die Themengruppe Derbholz in Tabelle 16 veranschaulicht. Bei der schrittweisen Aggregation werden zunächst die Traktecken zusammengefasst, dann die Traktabschnitte und letztendlich die Verdichtungsgebiete. Die Erklärungen und zugehörigen Algorithmen für die Zielmerkmale finden sich in Tabelle 17. Dort wird wegen der besseren Lesbarkeit nur die Indizierung für die Aggregationsebenen aufgeführt, auf die Indizierung für die unterschiedlichen Klassifizierungen wird verzichtet.

Tabelle 16: Überblick über Hochrechnungen für verschiedene Klassifizierungen an einem Beispiel

	Klassifizierungsmerkmale							Ebenen			Zielmerkmale und Hilfsgrößen									
	Auswertungseinheit																			
	Auswertungsgebiet																			
	Gebiet	Zeit	K1	K2	K3	K4	K5	h	i	j										
	Ebene Traktecken j																			
Input	Land	Jahr	Eg	Ba	BAIkl			Vbl	Tnr	Enr							x_{hij}			
Input	Land	Jahr	Eg	Ba	BAIkl	BhdSt		Vbl	Tnr	Enr				y_{hij}						
	Ebene Traktabschnitte i																			
Input	Land	-	-	-	-	-	-	Vbl	Tnr	-	$(n_i = 1)$	M_{hi}	(A_{hi})							
	Land	Jahr	Eg	Ba	BAIkl			Vbl	Tnr	-							x_{hi}			
	Land	Jahr	Eg	Ba	BAIkl	BhdSt		Vbl	Tnr	-				y_{hi}						
	Ebene Verdichtungsgebiete h																			
	Land	-	-	-	-	-	-	Vbl	-	-	n	M_h	A_h							
	Land	Jahr	Eg	Ba	BAIkl			Vbl	-	-							x_h	$\overline{x}_h$	x_h^G	
	Land	Jahr	Eg	Ba	BAIkl	BhdSt		Vbl	-	-				y_h	$\overline{y}_h$	y_h^G				$\hat{R}_h$
	Ebene Gebiete																			
	Land	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N	M	A							
Output	Land	Jahr	Eg	Ba	BAIkl			-	-	-								$\overline{x}$	x^G	
Output	Land	Jahr	Eg	Ba	BAIkl	BhdSt		-	-	-					$\overline{y}$	y^G				$\hat{R}$

mit

Ba - Baumartengruppe

BAIkl – Baumaltersklasse

BhdSt – Bhd-Stufe

Eg - Eigentumsart

Enr - Trakteckennummer

Tnr – Traktnummer

Vbl – Verdichtungsgebiet innerhalb eines Landes

Tabelle 17: Hochrechnungsalgorithmus von Zustandsgrößen

Ebene Traktecken j - Laufindex $z_{hij} = 1 \dots Z_{hij}$ über alle Objekte Z_{hij} einer Traktecke innerhalb eines Traktabschnittes i und eines Verdichtungsgebietes h Hinweis: Objekte (z. B. Bäume, Totholzstücke, Waldrandabschnitte, Wegeschnittpunkte oder Traktecken), die nicht zu einer bestimmten Auswertungseinheit (z.B. Gebiet = Bayern, Eigentumsart = Privatwald, Baumart = Fichte, Durchmesserstufe = 30 – 40 cm) oder zu einem bestimmten Auswertungsgebiet (z. B. Eigentumsart = Privatwald, Baumart = Fichte) gehören, gehen mit dem Wert 0 für x_{hijz} bzw. y_{hijz} ein. Die Klassifizierungen können sich für y und x unterscheiden. - Beispiele für Input-Größen: Tabelle 14, Tabelle 23, Tabelle 24		
Summen <i>(Input für Hochrechnungsprogramm)</i>	$x_{hij} = \sum_{z_{hij}}^{Z_{hij}} x_{hijz} \text{ bzw.}$ $y_{hij} = \sum_{z_{hij}}^{Z_{hij}} y_{hijz}$ Im Anschluss an die Summenbildung für die Traktecken, aber <u>vor</u> der Summenbildung für die Trakte werden bei Bedarf zusätzliche Auswertungseinheiten mit Zwischen- und Gesamtsummen der Klassifizierungsmerkmale erzeugt, d.h. die Input-Daten für die Hochrechnung werden um Datensätze erweitert. Innerhalb einer Gruppe werden die Zielmerkmale entweder summiert oder das Maximum ermittelt.	6.3.1.x 6.3.1.y
Ebene Traktabschnitte i - Laufindex $j_{hi} = 1 \dots M_{hi}$ über alle Traktecken M_{hi} innerhalb eines Traktabschnittes i eines Verdichtungsgebietes h - Rep_h -Repräsentationsfaktor einer Traktecke [ha] im zugehörigen Verdichtungsgebiet h (s. Formel 3.2.2)		
<i>Input für Hochrechnungsprogramm</i>	$M_{hi} = \{1;2;3;4\} \text{ bei Wegeinventur immer 1}$ $A_{hi} = M_{hi} \cdot Rep_h$ Hinweis: A_{hi} ist nur erforderlich bei Regionalisierungen, d. h. bei unbekannten A_h (s. Kap. 3.2)	6.3.2.m 6.3.2.a
Summen	$x_{hi} = \sum_{j_{hi}}^{M_{hi}} x_{hij} \text{ bzw.}$ $y_{hi} = \sum_{j_{hi}}^{M_{hi}} y_{hij}$	6.3.3.x 6.3.3.y

Ebene Verdichtungsgebiete h - Laufindex $i = 1 \dots n$ über alle Traktabschnitte n innerhalb eines Verdichtungsgebietes h - n – Anzahl Traktabschnitte im Verdichtungsgebiet (abhängig von räumlichen Klassifizierungsmerkmal, unabhängig von sonstigen Klassifizierungsmerkmalen) - M_{hi} – Anzahl aller Traktecken innerhalb eines Traktes, unabhängig von der Zugehörigkeit zu einer Auswertungseinheit (nur abhängig vom Verdichtungsgebiet (räumliches Klassifizierungsmerkmal), nicht von sonstigen Klassifizierungsmerkmalen) - A_h – Fläche (Wald und Nichtwald) eines Verdichtungsgebietes h (s. Tabelle 5)		
Summen	$A_h = \{A_{h1}; A_{h2}; A_{hV}\}$ oder bei Regionalisierung: $A_h = \sum_{i=1}^n A_{hi}$ $M_h = \sum_{i=1}^n M_{hi}$ $x_h = \sum_{i=1}^n x_{hi}$ bzw. $y_h = \sum_{i=1}^n y_{hi}$ und Achtung: Bei Zugang und Abgang sowie bei Veränderungen für Zwischensummen von zwei Inventurzeitpunkten ist für x_h und y_h anschließend Formel 6.4.1.1 auszuführen! Sonderfall bei Themengruppe „Erschließung (Wegeinventur)“: Es gilt $n=M_h$ also M_{hi} ist immer 1.	6.3.4.a 6.3.4.m 6.3.4.x 6.3.4.y
Mittelwerte ^G	$\bar{x}_h = \frac{\sum_{i=1}^n x_{hi}}{\sum_{i=1}^n M_{hi}} = \frac{x_h}{M_h}$ bzw. $\bar{y}_h = \frac{\sum_{i=1}^n y_{hi}}{\sum_{i=1}^n M_{hi}} = \frac{y_h}{M_h}$	6.3.5.x 6.3.5.y
Gesamtwerte	$x_h^G = \bar{x}_h \cdot A_h$ bzw. $y_h^G = \bar{y}_h \cdot A_h$ Hinweis: Gesamtwerte auf der Ebene Verdichtungsgebiete müssen nicht unbedingt separat gespeichert werden, Summen und Mittelwerte ^G sind als Zwischenergebnisse ausreichend.	6.3.6.x 6.3.6.y
Ratio-Schätzer	$\hat{R}_h = \frac{\bar{y}_h}{\bar{x}_h} = \frac{\sum_{i=1}^n y_{hi}}{\sum_{i=1}^n x_{hi}} = \frac{y_h}{x_h}$	6.3.7

Varianz der Mittelwerte^G	$v(\bar{x}_h) = \frac{1}{\left(\sum_{i=1}^n M_{hi}\right)^2} \cdot \frac{n}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{hi} - \bar{x}_h \cdot M_{hi})^2$ umgeformt (ähnlich Formel 6.4.2.7) $v(\bar{x}_h) = \frac{1}{M_h \cdot M_h} \cdot \frac{n}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{hi} - \bar{x}_h \cdot M_{hi}) \cdot (x_{hi} - \bar{x}_h \cdot M_{hi})$ bzw. $v(\bar{y}_h) = \frac{1}{\left(\sum_{i=1}^n M_{hi}\right)^2} \cdot \frac{n}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_{hi} - \bar{y}_h \cdot M_{hi})^2$ umgeformt (ähnlich Formel 6.4.2.7) $v(\bar{y}_h) = \frac{1}{M_h \cdot M_h} \cdot \frac{n}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_{hi} - \bar{y}_h \cdot M_{hi}) \cdot (y_{hi} - \bar{y}_h \cdot M_{hi})$ Achtung: Die Summenbildung muss über <u>alle</u> Trakte eines Verdichtungsgebietes erfolgen und nicht nur über die zu einer Auswertungseinheit gehörenden.	6.3.8.x 6.3.8.y
Varianz der Gesamtwerte	$v(x_h^G) = v(\bar{x}_h) \cdot A_h^2 \quad \text{bzw.}$ $v(y_h^G) = v(\bar{y}_h) \cdot A_h^2$ Hinweis: Varianzen von Gesamtwerten auf der Ebene Verdichtungsgebiete müssen nicht unbedingt separat gespeichert werden, Varianzen der Mittelwerte^G sind als Zwischenergebnisse ausreichend.	6.3.9.x 6.3.9.y
Varianz der Ratio-Schätzer	$v(\hat{R}_h) = \frac{1}{\left(\sum_{i=1}^n x_{hi}\right)^2} \cdot \frac{n}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_{hi} - \hat{R}_h \cdot x_{hi})^2$ umgeformt (ähnlich Formel 6.4.2.7) $v(\hat{R}_h) = \frac{1}{x_h \cdot x_h} \cdot \frac{n}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_{hi} - \hat{R}_h \cdot x_{hi}) \cdot (y_{hi} - \hat{R}_h \cdot x_{hi})$ Achtung: Die Summenbildung muss mindestens über alle Trakte des Auswertungsgebietes bzw. der übergeordneten Auswertungseinheit (siehe Klassifizierung des Divisors) erfolgen und nicht nur über die zu einer (untergeordneten) Auswertungseinheit (siehe Klassifizierung des Dividenden) gehörenden!	6.3.10

Kovarianz für Ratio-Schätzer	$c(\bar{x}_h, \bar{y}_h) = \frac{1}{(\sum_{i=1}^n M_{hi})^2} \cdot \frac{n}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{hi} - \bar{x}_h \cdot M_{hi}) \cdot (y_{hi} - \bar{y}_h \cdot M_{hi})$ oder umgeformt (ähnlich Formel 6.4.2.7): $c(\bar{x}_h, \bar{y}_h) = \frac{1}{M_h \cdot M_h} \cdot \frac{n}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{hi} - \bar{x}_h \cdot M_{hi}) \cdot (y_{hi} - \bar{y}_h \cdot M_{hi})$ Achtung: Die Summenbildung muss mindestens über alle Trakte des Auswertungsgebietes bzw. der übergeordneten Auswertungseinheit (siehe Klassifizierung des Divisors) erfolgen, nicht nur über die zu einer (untergeordneten) Auswertungseinheit (siehe Klassifizierung des Dividenden) gehörenden!	6.3.11
Ebene Gebiete - Laufindex h = 1 ... L über alle Verdichtungsgebiete L - A_h - Fläche (Wald und Nichtwald) eines Verdichtungsgebietes h - Flächenwichtungsfaktor eines Verdichtungsgebietes $W_h = \frac{A_h}{A}$		
Gesamtwerte	$x^G = \sum_{h=1}^L x_h^G \quad \text{mit } x_h^G = A_h \cdot \bar{x}_h \quad \text{bzw.}$ $y^G = \sum_{h=1}^L y_h^G \quad \text{mit } y_h^G = A_h \cdot \bar{y}_h$	6.3.12.x 6.3.12.y
Mittelwerte ^G	$\bar{x} = \sum_{h=1}^L W_h \cdot \bar{x}_h \quad \text{bzw.}$ $\bar{y} = \sum_{h=1}^L W_h \cdot \bar{y}_h$	6.3.13.x 6.3.13.y
Ratio-Schätzer	$\hat{R} = \frac{\sum_{h=1}^L \bar{y}_h \cdot A_h}{\sum_{h=1}^L \bar{x}_h \cdot A_h} = \frac{y^G}{x^G}$ Achtung: Im Divisor müssen auch dann Werte aufaddiert werden, wenn in einer (untergeordneten) Auswertungseinheit des Dividenden keine Daten vorhanden sind.	6.3.14
Varianz der Gesamtwerte	$v(x^G) = \sum_{h=1}^L v(x_h^G) \quad \text{bzw.}$ $v(y^G) = \sum_{h=1}^L v(y_h^G)$	6.3.15.x 6.3.15.y

Varianz der Mittelwerte ^G	$v(\bar{x}) = \sum_{h=1}^L W_h^2 \cdot v(\bar{x}_h) \quad \text{bzw.}$	6.3.16.x
	$v(\bar{y}) = \sum_{h=1}^L W_h^2 \cdot v(\bar{y}_h)$	6.3.16.y
Varianz der Ratio-Schätzer	$v(\hat{R}) = \frac{1}{\bar{x}^2} \sum_{h=1}^L W_h^2 \cdot \left(v(\bar{y}_h) + \hat{R}^2 \cdot v(\bar{x}_h) - 2 \cdot \hat{R} \cdot c(\bar{x}_h, \bar{y}_h) \right)$	6.3.17

Die Varianz wird nur bei ausreichend großem Stichprobenumfang (DAHM 2006) zuverlässig geschätzt. Insbesondere bei Ratio-Schätzern ist bei zu geringem Stichprobenumfang (< 30) der Stichprobenfehler nicht aussagekräftig, kann sogar 0 sein.

6.4 Hochrechnung von Veränderungsgrößen

6.4.1 Grundsätzliches

Unter Veränderungsergebnissen im engeren Sinne werden Bilanzen - also Differenzen von aggregierten Daten - zwischen zwei Inventurzeitpunkten verstanden. Das sind beispielsweise die Zielmerkmale Veränderung der Waldfläche [ha], Veränderung des Vorrates [m³] innerhalb einer Periode.

Im weiteren Sinne werden unter Veränderungsergebnissen bei der BWI aber auch Aussagen zum Zugang (z. B. Neuwaldfläche, Zuwachs des Vorrates) und zum Abgang (z. B. Umwandlungsfläche, Vorrat des ausgeschiedenen Bestandes) verstanden, obwohl sie aus hochrechnungstechnischer Sicht Zustandsergebnisse nach Algorithmen für Zustandsgrößen sind. Aggregiert werden nämlich letztlich Zustandsmerkmale, die allerdings selbst Differenzen zwischen zwei Inventurzeitpunkten - hier aber auf unterster Aggregationsebene - darstellen.

Die Auswertungsperiode für Veränderungen bei der BWI ist der Zeitraum zwischen den beiden Inventuren :

- BWI¹, Stichjahr 1987 (Zeitpunkt 1 = Beginn der Auswertungsperiode, Erhebungszeitraum vom Februar 1986 bis v. a. Ende 1989, in Ausnahmen bis April 1991)
- BWI², Stichjahr 2002 (Zeitpunkt 2 = Ende der Auswertungsperiode, Erhebungszeitraum vom 14.08.2000 bis 18.06.2003).

Sie beträgt damit ca. 15 Jahre (Vegetationsperioden: zwischen 11,5 und 17,0 Jahren, durchschnittlich 14,1 Jahre) lang.

		Zugang	Abgang			Bilanz
Zustand Zeitpunkt 1: Wert ¹					Zustand Zeitpunkt 2: Wert ²	
Beispiele:						
Waldfläche [ha] bei BWI ¹	Neuwaldfläche [ha]	Umwandlungs- fläche [ha]	Waldfläche [ha] bei BWI ²	Veränderung der Waldflä- che [ha]		
Vorrat [m ³] bei BWI ¹	Zuwachs [m ³]; häufig auch als Bruttozu- wachs be- zeichnet	Vorrat des aus- geschiedenen Bestandes [m ³]	Vorrat [m ³] bei BWI ²	Veränderung des Vorrates [m ³]; häufig auch als Nettozu- wachs bezeichnet		

Abbildung 7: Veränderungen (Bilanz, Zugang, Abgang)

Folgende Zusammenhänge bestehen:

$$\begin{aligned} \text{Wert}^1 + \text{Zugang} - \text{Abgang} &= \text{Wert}^2, \\ \text{Bilanz} = \text{Veränderung} &= \text{Wert}^2 - \text{Wert}^1, \\ \text{Bilanz} = \text{Veränderung} &= \text{Zugang} - \text{Abgang}. \end{aligned}$$

Bilanzen sind Differenzen zwischen aggregierten Daten zweier Inventurzeitpunkte. Aufnahmeverfahren und Auswertungsalgorithmus unterscheiden sich zwischen BWI¹ und BWI². Aus diesem Grunde können Bilanzen **nicht** aus der Differenz zwischen BWI²-Zustandsergebnissen und damals veröffentlichten BWI¹-Zustandsergebnissen gebildet werden. Für die Berechnung von Bilanzen, Zugängen und Abgängen wurden rückwirkend alle abgeleiteten Daten der BWI¹ (transformiert und aggregiert) mit den gleichen Methoden berechnet wie für die BWI².

Zugangs- und Abgangsgrößen werden als Zustandsgrößen aufgefasst. Für y_{hij} werden allerdings Differenzen übergeben, die schon vor der Hochrechnung auf Objektebene ermittelt wurden. Bezüglich der Gesamtflächen, Inventurraster u. ä. sind aber Besonderheiten wie bei Bilanzen zu beachten.

Bei der Hochrechnung von Vorräten darf jedoch nicht erwartet werden, dass die Gleichung $\text{Wert}^1 + \text{Zugang} - \text{Abgang} = \text{Wert}^2$ exakt aufgeht, da Zugang (hier Brutto-Zuwachs) und Abgang (hier Vorrat des ausscheidenden Bestandes) aus unterschiedlichen Probebaumkollektiven hochgerechnet werden und dabei auch regressionsanalytische Modelle zum Einsatz kommen. Diese "Bilanzlücke" beträgt bei einer bundesweiten Auswertung 1,4 m³/ha, bzw. 0,5 % des Anfangsvorrates. Bei der Hochrechnung von Flächen tritt dieses Problem nicht auf.

Schnittfläche des Inventurgebietes und Schnittmenge der Stichprobenelemente:

- Die Gesamtfläche A_h ist u. U. nicht konstant. Deshalb darf nur die Schnittfläche der Gesamtfläche beider Inventurzeitpunkte berücksichtigt werden (vgl. Tabelle 5, Spalte A_{hV}): $A_{hV} = A_{h1} \cap A_{h2}$. Deshalb sind alle Veränderungsrechnungen nur für die alten Länder möglich. Das ehemalige Westberlin wird bei Veränderungsrechnungen ignoriert.
- Die Verdichtungen sind u. U. nicht konstant. Deshalb darf nur die Schnittmenge der Trakte oder Traktecken beider Inventurzeitpunkte berücksichtigt werden: $M_{hV} = M_{h1} \cap M_{h2}$ (Use12>30=gehörte bei beiden Inventurzeitpunkten zum Stichprobennetz)

Dateninkonsistenzen zwischen den Inventurzeitpunkten sind in folgenden Varianten aufgetreten (Tabelle 18):

- Zum Anfangszeitpunkt (Beginn der Auswertungsperiode) wurde eine Traktecke im Wald vergessen bzw. übersehen. Für diese Punkte liegen keine Anfangsdaten vor, es wurde lediglich zum Endzeitpunkt (Ende der Auswertungsperiode) festgestellt, dass Daten hätten aufgenommen werden müssen (Use12=47=rückwirkend als Wald deklariert, Daten fehlen).
- Die Datenerhebung beim Anfangs- und Endzeitpunkt erfolgte nicht am selben Ort, weil die Traktecke nicht wiedergefunden wurde (Use12=40=unterschiedliche Erhebungsorte, nicht vergleichbar).
- Eine Traktecke ist zu einem Inventurzeitpunkt begehbar, zum anderen aber nicht (Use12=51=zum Anfangszeitpunkt begehbar, zum Endzeitpunkt aber nicht; Use12=52=zum Endzeitpunkt begehbar, zum Anfangszeitpunkt aber nicht)
Wenn eine Traktecke zu keinem Inventurzeitpunkt begehbar war (Use12=63=niemals begehbar), dann wird sie bei Veränderungshochrechnungen fast immer ausgeklammert (Ausnahme: Veränderung der Waldfläche ohne tiefere Klassifizierung).

Use12 > 30	NW	Nichtwald	Use12={100}	bei beiden Inventurzeitpunkten Nichtwald; deshalb <u>keine</u> Datenübergabe an Hochrechnung; das entspricht Übergabe von 0-Werten
	WoA	Wald	Use12={40, 47, 51, 52}	„Zuschlag“
	WmA		Use12={63, 100} ²	Formel 6.3.4

Abbildung 8: Umgang mit fehlenden oder nicht vergleichbaren Daten zweier Inventurzeitpunkte

² In der Regel werden nur sekundäre Stichprobeneinheiten mit Use=100 berücksichtigt. Nur in Einzelfällen fallen in diesem Bereich auch sekundäre Stichprobeneinheiten mit Use=63 (z.B. Ermittlung der Waldfläche unabhängig von der Begehbarkeit).

Daten von Traktecken, bei denen nicht vergleichbare Daten der Inventurzeitpunkte vorliegen (hier kurz als „WoA“=“Wald ohne Aufnahme“ bezeichnet), werden nicht an Hochrechnungen übergeben. Würden diese (Wald-)Daten aber bei der Hochrechnung in jeder Hinsicht ignoriert, käme es zur Unterschätzung von Mittelwerten^G und Gesamtwerten, weil sie wie Nichtwald bewertet werden würden. Ratio-Schätzer reagieren weniger sensibel. Aus diesem Grunde führen Veränderungs-Hochrechnungen intern eine Korrektur durch. Für die Traktecken ohne vergleichbare Daten-Aufnahmen (WoA) werden die gleichen Verhältnisse angenommen wie für die Traktecken mit vergleichbaren Daten-Aufnahmen (WmA, Use12={63,100}). Die Summen für die Verdichtungsgebiete (*Formel 6.3.4*) werden entsprechend hochgesetzt (*Formel 6.4.1.1*, s. Abbildung 8).

Tabelle 18 zeigt den Stichprobenumfang für die Veränderungsrechnung in den alten Ländern (ohne Westberlin) (Wald und Nichtwald).

Tabelle 18: Anzahl Traktecken für Hochrechnungen von Veränderungsgrößen je Verdichtungsgebiet

Land	VBI	BWI ¹	BWI ²	Schnittmenge im Inventurgebiet von BWI ¹ und BWI ²	Wald ohne Aufnahme (WoA)				Wald mit Aufnahme (WmA) bzw. Nichtwald (NW)	
				Use12>30	Use12=40	Use12=47	Use12=51	Use12=52	Use12=63	Use12=100
SH	104	15791	15840	15791	28	36	0	6	0	15721
NI + HH + HB	216	197	197	197	0	0	0	0	0	197
	308	12682	12698	12682	33	131	0	0	0	12518
	316	5565	5623	5565	31	65	0	1	0	5468
	416	97	97	97	0	7	0	0	0	90
NW	516	8555	8555	8555	53	72	1	9	0	8420
HE	616	5282	5282	5282	38	14	0	3	0	5227
RP	704	4971	19931	4971	72	72	1	5	0	4821
BW	804	35743	35743	35743	43	158	0	15	0	35527
BY	904	7500	3747	3747	5	23	0	1	0	3718
	908	5025	5025	5025	6	24	0	7	0	4988
	916	13267	13267	13267	7	60	0	7	4	13189
SL	1016	650	650	650	1	23	0	0	0	626
	Σ	115325	126655	111572	317	685	2	54	4	110510
				100%	0,28%	0,61%	0,05%		99,05%	
				100%	0,95%				99,05%	

mit Use12 =

40	nicht wiedergefunden, daher Daten nicht vergleichbar
47	Aufnahme bei BWI ¹ vergessen, daher rückwirkend zu Wald erklärt
51	nicht begehbar bei BWI ¹ , jedoch begehbar bei der anderen Erhebung
52	nicht begehbar bei BWI ² , jedoch begehbar bei der anderen Erhebung
63	bei BWI ¹ und BWI ² nicht begehbar
100	normale Datenaufnahme bei beiden Inventuren

Die Anteile der Traktecken ohne vergleichbare Datenaufnahmen (WoA) erscheint mit insgesamt ca. 1 % gering, erreicht aber in einzelnen Ländern mehr als 3 % (Maximum in Rheinland-Pfalz (RP)). Ohne die interne Korrektur der Summen für Verdichtungsgebiete würden teilweise Veränderungen von Gesamtwerten mit umgekehrten Vorzeichen ermittelt werden (Beispiel: Waldflächenabnahme in Rheinland-Pfalz und Hessen (HE) anstelle von Waldflächenzunahme).

Die Summen werden nach den Formeln 6.4.1.1.x und 6.4.1.1.y korrigiert.

Tabelle 19: Korrekturformeln für die Summen

Summen (korrigiert)	(nach der Summenbildung lt. Formel 6.3.4) $x_h^+ = x_h + \frac{M_{hWoA}}{M_{hWmA}} \cdot x_h \quad \text{bzw.}$ $y_h^+ = y_h + \frac{M_{hWoA}}{M_{hWmA}} \cdot y_h$ wobei M_{hWoA} = Anzahl Traktecken im Wald ohne vergleichbare Aufnahme innerhalb des Verdichtungsgebietes; M_{hWmA} = Anzahl Traktecken im Wald mit vergleichbarer Aufnahme innerhalb des Verdichtungsgebietes	6.4.1.1.x 6.4.1.1.y
------------------------	--	-----------------------------------

Rahmenbedingungen

Bei Veränderungsrechnungen bedingen sich Fragestellung und in die Rechnung einzubeziehende Teilmengen der Stichprobe gegenseitig:

- Soll die Entwicklung insgesamt z. B. für Deutschland oder ein Land beschrieben werden, so ist die Vereinigungsmenge des Waldes beider Inventurzeitpunkte in die Hochrechnung einzubeziehen (z. B. Veränderung der Waldfläche in Deutschland).
- Soll dagegen die Entwicklung innerhalb einer konstanten Einheit ermittelt werden, so ist die Schnittmenge des Waldes beider Inventurzeitpunkte in die Hochrechnung einzubeziehen

Darüber hinaus können aber auch Klassifizierungsmerkmale wie Eigentumsart, Altersklasse etc. konstant gehalten werden (z. B. Veränderung im Privatwald). Je mehr Parameter konstant gehalten werden, umso kleiner wird der Stichprobenumfang innerhalb einer Auswertungseinheit.

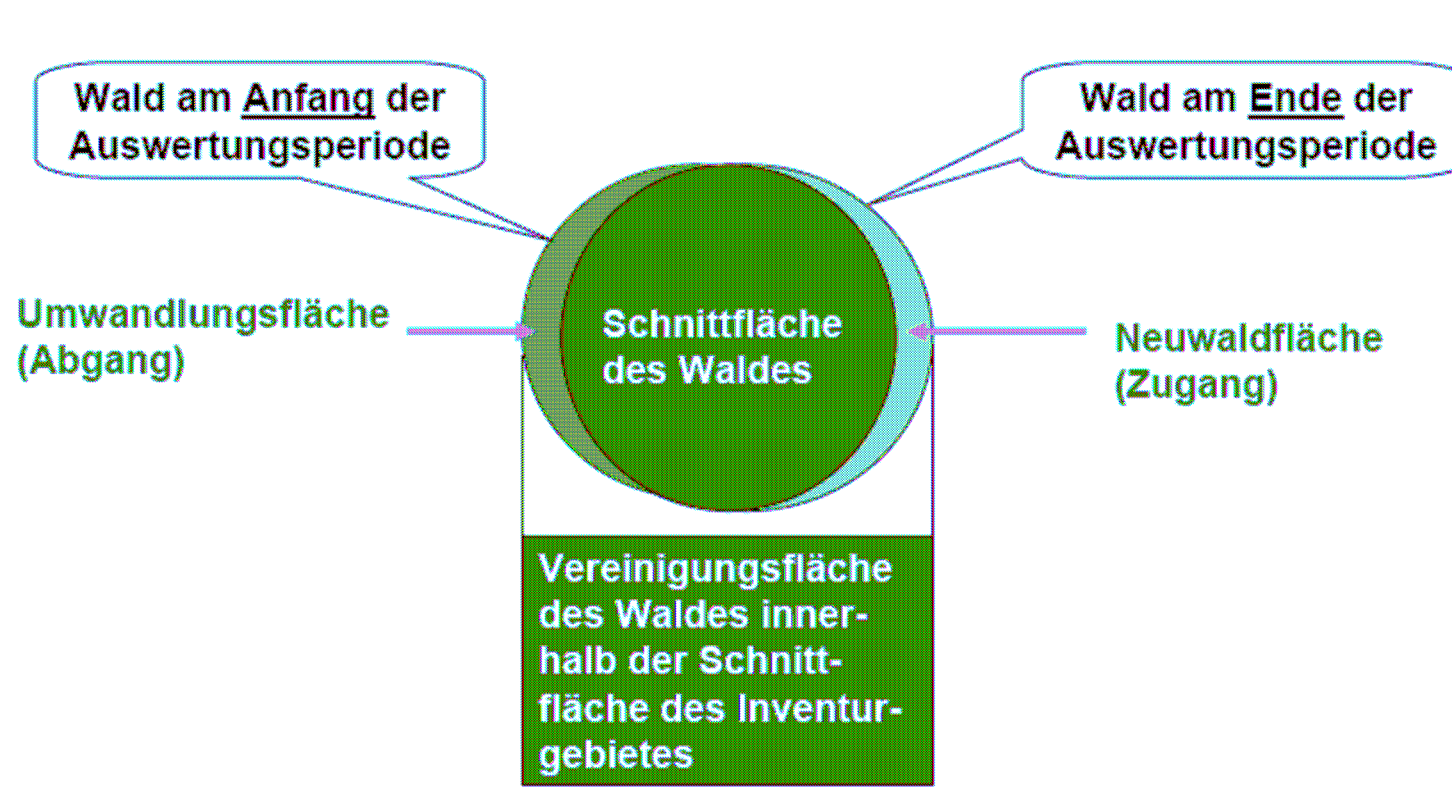


Abbildung 9: Vereinigungs- und Schnittfläche des Waldes

Die Veränderung der Waldfläche innerhalb Deutschlands beispielsweise ist aus der Vereinigungsfläche des Waldes inklusive der Umwandlungs- und Neuwaldflächen zu ermitteln. Die Veränderung der Baumartenfläche kann entweder aus der Vereinigungsfläche oder aus der Schnittfläche berechnet werden. Bei Betrachtung der Vereinigungsfläche darf nicht erwartet werden, dass die Flächengewinne [ha] der Laubbäume vollständig als Flächenverluste [ha] der Nadelbäume ausgewiesen werden, weil die Waldfläche [ha] insgesamt zugenommen hat. Die Waldfläche innerhalb einer Auswertungseinheit kann absolut mehr zunehmen als die gesamte Waldfläche und umgekehrt. Bei der Betrachtung der Schnittmenge hingegen ist die Summe aller absoluten Veränderungen 0, sie gleichen sich gegenseitig aus: Die Summe der Veränderungen von Waldflächen [ha] der Laub- und Nadelbäumen ist dann 0. Die Aussagen für Veränderungen beider Varianten (Schnitt- oder Vereinigungsmenge des Waldes) unterscheiden sich nur wenig, wenn relative Zielmerkmale wie Veränderung der Flächenanteile [%-Punkte] anstatt absoluter Zielmerkmale wie Veränderung der Waldfläche [ha] ausgewiesen werden.

Alle Standard-Veränderungshochrechnungen des Bundes sind auf die Vereinigungsfläche des Waldes, genauer meistens auf die Vereinigungsfläche des produktiven Waldes (oft inkl. Blöße) bezogen worden, da bei der BWI¹ Daten nur im produktiven Wald aufgenommen wurden. Auch die Standardauswertungen zum Zuwachs beziehen sich auf die Vereinigungsfläche. Somit ermöglichen sie z. B. Kohlenstoff-Bilanzierungen. Die Wuchsleistung im Sinne einer Produktivität einer Auswertungseinheit (z.B. einer Baumart je Hektar und Jahr) wird jedoch nur ermittelt, wenn der Zuwachs auf die Schnittfläche des Waldes in einer Auswertungseinheit bezogen wird. Die Unterschiede sind gering. Der Zuwachs insgesamt [m³] ist etwas geringer, der flächenbezogene Zuwachs [m³/ha] dabei knapp 1 % höher.

6.4.2 Bilanz

Für Zielmerkmale, die eine Veränderung im Sinne einer Bilanz bzw. Differenz beschreiben, werden zunächst für *beide* Inventurzeitpunkte Daten separat bis zur Ebene Verdichtungsgebiete nach einem der drei Hochrechnungstypen aggregiert. Auf der Ebene der Verdichtungsgebiete werden dann die Differenzen der (aggregierten) Zustandsmerkmale von Zeitpunkt 2 und Zeitpunkt 1 gebildet. Ähnlich wie beim Aggregieren von Zustandgrößen bleiben prinzipiell die Klassifizierungen erhalten, die Ebenen werden schrittweise zusammengefasst. Aber auf der Ebene Verdichtungsgebiet wird das Klassifizierungsmerkmal Zeit von „Jahr“ zur „Periode“ zusammengefasst. (s. Tabelle 20 und Tabelle 21).

Bei den Algorithmen zur Zusammenfassung von Mittelwerten⁶ und Gesamtwerten der Verdichtungsgebiete zu Gebietsergebnissen muss zwischen Zustands- und Veränderungsschätzern nicht unterschieden werden. Bei Berechnung der Ratio-Schätzer aber sind Unterschiede zu beachten (s. Tabelle 21).

Die Zustandsgrößen für Zeitpunkt 1 und Zeitpunkt 2 als Zwischenergebnisse für Bilanzrechnungen weichen u. U. von denen der reinen Zustandsrechnungen ab. Ursache dafür sind die abweichenden Gesamtflächen und die kleinere Anzahl der berücksichtigten Stichprobenelemente (s. Kapitel 6.4.1).

Prinzipiell erfolgt die Differenzierung der Auswertungseinheiten und –gebiete für jeden Inventurzeitpunkt getrennt. Es kann vorkommen, dass in einer Auswertungseinheit zu einem Inventurzeitpunkt Daten vorhanden sind, zum anderen Inventurzeitpunkt aber nicht. Einseitig nicht vorhandene Daten müssen in solchen Fällen aber auf 0 gesetzt werden, um Differenzen zwischen zwei Zeitpunkten bilden zu können. Bei der Hochrechnung werden deshalb für fehlende Auswertungseinheiten 0-Werte eingefügt.

Tabelle 20: Überblick über Bilanz-Hochrechnungen für unterschiedliche Klassifizierungen

	Klassifizierungsmerkmale							Ebenen			Zielmerkmale und Hilfsgrößen (für y und x zunächst jeweils für zwei Inventurzeitpunkte t' und t'')									
	Auswertungseinheit																			
	Auswertungsgebiet																			
	Gebiet	Zeit	K1	K2	K3	K4	K5	h	i	j										
	Ebene Traktecken j																			
Input	Land	Jahr	Eg	Ba	BAIkl			Vbl	Tnr	Enr							x_{hij}			
Input	Land	Jahr	Eg	Ba	BAIkl	BhdSt		Vbl	Tnr	Enr				y_{hij}						
	Ebene Traktabschnitte i																			
Input	Land	-	-	-	-	-	-	Vbl	Tnr	-	$(n_i = 1)$	M_{hi}	(A_{hi})							
	Land	Jahr	Eg	Ba	BAIkl			Vbl	Tnr	-							x_{hi}			
	Land	Jahr	Eg	Ba	BAIkl	BhdSt		Vbl	Tnr	-				y_{hi}						
	Ebene Verdichtungsgebiete h																			
	Land	-	-	-	-	-	-	Vbl	-	-	n	M_h	A_h							
	Land	Jahr	Eg	Ba	BAIkl			Vbl	-	-							x_h	$\overline{x}_h$	x_h^G	
	Land	Periode	Eg	Ba	BAIkl			Vbl	-	-							Δx_h	$\Delta \overline{x}_h$	Δx_h^G	
	Land	Jahr	Eg	Ba	BAIkl	BhdSt		Vbl	-	-				y_h	$\overline{y}_h$	y_h^G			$\hat{R}_h$	
	Land	Periode	Eg	Ba	BAIkl	BhdSt		Vbl	-	-				Δy_h	$\Delta \overline{y}_h$	Δy_h^G			$\Delta \hat{R}_h$	
	Ebene Gebiete																			
	Land	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N	M	A							
Output	Land	Periode	Eg	Ba	BAIkl			-	-	-								$\Delta \overline{x}$	Δx^G	
Output	Land	Periode	Eg	Ba	BAIkl	BhdSt		-	-	-					$\Delta \overline{y}$	Δy^G			$\Delta \hat{R}$	

In der Tabelle 21 wird wegen der besseren Lesbarkeit nur die Indizierung für die Aggregationsebenen aufgeführt, auf die Indizierung für die unterschiedlichen Klassifizierungen wird verzichtet.

Tabelle 21: Hochrechnungsalgorithmus von Bilanzgrößen

Zunächst Berechnung der Zustandsgrößen (separat) für beide Inventurzeitpunkte (Formeln 6.3.1 bis 6.3.11; 6.4.1.1), aber unter Beachtung der Ausführungen im Kapitel 6.4.1. Danach:		
Ebene Verdichtungsgebiete h - Laufindex $i = 1 \dots n$ über alle Traktabschnitte n innerhalb eines Verdichtungsgebietes - A_h - Fläche (Wald und Nichtwald) eines Verdichtungsgebietes - $'$ - Wert für Zeitpunkt 1 (Periodenbeginn) - $''$ - Wert für Zeitpunkt 2 (Periodenende) - $\Delta \dots$ = Differenz zwischen aggregierten Zustandsschätzern der Zeitpunkte 2 (t'') und 1 (t')		
Veränderung der Mittelwerte ^G	$\Delta \bar{x}_h = \bar{x}_h'' - \bar{x}_h' \text{ bzw.}$ $\Delta \bar{y}_h = \bar{y}_h'' - \bar{y}_h'$	6.4.2.1.x 6.4.2.1.y
Veränderung der Gesamtwerte	$\Delta x_h^G = x_h''^G - x_h'^G = A_h \cdot (\bar{x}_h'' - \bar{x}_h') = A_h \cdot \Delta \bar{x}_h \text{ bzw.}$ $\Delta y_h^G = y_h''^G - y_h'^G = A_h \cdot (\bar{y}_h'' - \bar{y}_h') = A_h \cdot \Delta \bar{y}_h$	6.4.2.2.x 6.4.2.2.y
Veränderung der Ratio-Schätzer	$\Delta \hat{R}_h = \hat{R}_h'' - \hat{R}_h'$	6.4.2.3
Kovarianz zwischen den Mittelwerten ^G zweier Zeitpunkte	$c(\bar{x}_h'', \bar{x}_h') = \frac{1}{\left(\sum_{i=1}^n M_{hi}\right)^2} \frac{n}{n-1} \sum_{i=1}^n M_{hi}^2 \cdot (\bar{x}_{hi}'' - \bar{x}_h'') \cdot (\bar{x}_{hi}' - \bar{x}_h')$ umgeformt (ähnlich Formel 6.4.2.7): $c(\bar{x}_h'', \bar{x}_h') = \frac{1}{M_h \cdot M_h} \cdot \frac{n}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{hi}'' - \bar{x}_h'' \cdot M_{hi}) \cdot (x_{hi}' - \bar{x}_h' \cdot M_{hi})$ bzw.	6.4.2.4.x

	$c(\bar{y}_h'', \bar{y}_h') = \frac{1}{\left(\sum_{i=1}^n M_{hi}\right)^2} \frac{n}{n-1} \sum_{i=1}^n M_{hi}^2 \cdot (\bar{y}_{hi}'' - \bar{y}_h'') \cdot (\bar{y}_{hi}' - \bar{y}_h')$ umgeformt (ähnlich Formel 6.4.2.7): $c(\bar{y}_h'', \bar{y}_h') = \frac{1}{M_h \cdot M_h} \cdot \frac{n}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_{hi}'' - \bar{y}_h'' \cdot M_{hi}) \cdot (y_{hi}' - \bar{y}_h' \cdot M_{hi})$	6.4.2.4.y
Varianz der Veränderung der Mittelwerte ^G	$v(\Delta \bar{x}_h) = v(\bar{x}_h'') + v(\bar{x}_h') - 2 c(\bar{x}_h'', \bar{x}_h') \quad \text{bzw.}$ $v(\Delta \bar{y}_h) = v(\bar{y}_h'') + v(\bar{y}_h') - 2 c(\bar{y}_h'', \bar{y}_h')$	6.4.2.5.x 6.4.2.5.y
Varianz der Veränderung der Gesamtwerte	(analog Formel 6.3.9) $v(\Delta x_h^G) = v(\Delta \bar{x}_h^G \cdot A_h) = v(\Delta \bar{x}_h^G) \cdot A_h^2 \quad \text{bzw.}$ $v(\Delta y_h^G) = v(\Delta \bar{y}_h^G \cdot A_h) = v(\Delta \bar{y}_h^G) \cdot A_h^2$	6.4.2.6.x 6.4.2.6.y
Kovarianz zwischen den Ratio-Schätzern zweier Zeitpunkte	$c(\hat{R}_h'', \hat{R}_h') = \frac{1}{x_h'' \cdot x_h'} \cdot \frac{n}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_{hi}'' - \hat{R}_h'' \cdot x_{hi}'') (y_{hi}' - \hat{R}_h' \cdot x_{hi}')$	6.4.2.7
Varianz der Veränderung der Ratio-Schätzer	$v(\Delta \hat{R}_h) = v(\hat{R}_h'' - \hat{R}_h') = v(\hat{R}_h'') + v(\hat{R}_h') - 2 \cdot c(\hat{R}_h'', \hat{R}_h')$	6.4.2.8
Ebene Gebiete -Laufindex h = 1 ... L für Verdichtungsgebiete -Flächenwichtungsfaktor eines Verdichtungsgebietes h: $W_h = \frac{A_h}{A}$		
Veränderung der Gesamtwerte	(analog Formel 6.3.12) $\Delta x^G = \sum_{h=1}^L \Delta x_h^G = \sum_{h=1}^L A_h \cdot \Delta \bar{x}_h \quad \text{bzw.}$ $\Delta y^G = \sum_{h=1}^L \Delta y_h^G = \sum_{h=1}^L A_h \cdot \Delta \bar{y}_h$	6.4.2.9.x 6.4.2.9.y
Veränderung der Mittelwerte ^G	(analog Formel 6.3.13) $\Delta \bar{x} = \sum_{h=1}^L W_h \cdot \Delta \bar{x}_h \quad \text{bzw.}$	6.4.2.10.x 6.4.2.10.y

	$\Delta \bar{y} = \sum_{h=1}^L W_h \cdot \Delta \bar{y}_h$	
Veränderung der Ratio-Schätzer	$\Delta \hat{R} = \hat{R}'' - \hat{R}'$	6.4.2.11
Varianz der Veränderung der Gesamtwerte	(analog zu Formel 6.3.15) $v(\Delta x^G) = v(\sum_{h=1}^L \Delta x_h^G) = \sum_{h=1}^L v(\Delta x_h^G) \quad \text{bzw.}$ $v(\Delta y^G) = v(\sum_{h=1}^L \Delta y_h^G) = \sum_{h=1}^L v(\Delta y_h^G)$	6.4.2.12.x 6.4.2.12.x
Varianz der Veränderung der Mittelwerte ^G	(analog Formel 6.3.16) $v(\Delta \bar{x}) = \sum_{h=1}^L W_h^2 \cdot v(\Delta \bar{x}_h) \quad \text{bzw.}$ $v(\Delta \bar{y}) = \sum_{h=1}^L W_h^2 \cdot v(\Delta \bar{y}_h)$	6.4.2.13.x 6.4.2.13.y
Kovarianz zwischen den Ratio-Schätzern zweier Zeitpunkte	$c(\bar{d}_h'', \bar{d}_h') = \frac{1}{n \cdot (n-1)} \sum_{i=1}^n (d_{hi}'' - \bar{d}_h'') \cdot (d_{hi}' - \bar{d}_h')$ mit $d_{hi}'' = y_{hi}'' - \hat{R}'' x_{hi}''$ und $\bar{d}_h'' = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_{hi}''$ und $d_{hi}' = y_{hi}' - \hat{R}' x_{hi}'$ und $\bar{d}_h' = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_{hi}'$ Sonderfall: Dieser Wert für die Aggregationsebene Verdichtungsgebiet benötigt Inputs aus den Ebenen Trakte und Gebiete.	6.4.2.14
Kovarianz zwischen den Ratio-Schätzern zweier Zeitpunkte	$c(\hat{R}'', \hat{R}') = \frac{1}{\bar{x}'' \cdot \bar{x}'} \sum_{h=1}^L W_h^2 \cdot c(\bar{d}_h'', \bar{d}_h')$	6.4.2.15
Varianz der Veränderung der Ratio-Schätzer	$v(\Delta \hat{R}) = v(\hat{R}'' - \hat{R}') = v(\hat{R}'') + v(\hat{R}') - 2 \cdot c(\hat{R}'', \hat{R}')$	6.4.2.16

6.4.3 Zugang und Abgang

Zwei Themengruppen zum Zugang sind bei der BWI von Bedeutung:

- Neuwaldfläche (Fläche, die sich von Nichtwald zu Wald entwickelt hat),
- Zuwachs (des Vorrates, der Grundfläche usw.).

Drei Themengruppen zum Abgang sind bei der BWI von Bedeutung:

- Umwandlungsfläche (Fläche, die von Wald zu Nichtwald umgewandelt wurde),
- Vorrat des ausgeschiedenen Bestandes (von genutzten und abgestorbenen Bäumen) ab 10 cm BHD,
- Vorrat des genutzten Bestandes (nur von flächig oder selektiv genutzten sowie nicht wiedergefundene Bäumen) ab 10 cm BHD.

Da nur zu jeweils einem Zeitpunkt einer Auswertungsperiode Daten bekannt sind, können Zugänge nur als Endwertverfahren und Abgänge nur als Anfangswertverfahren berechnet werden (DAHM 2006; SCHIELER 1997; HRADETZKY, POKORNY 1996; HRADETZKY, KÄNDLER 2004). Dabei bedeutet

- Anfangswertverfahren: Daten, insbesondere Wichtungsfaktoren von Objekten, werden vom Beginn der Auswertungsperiode verwendet.
- Endwertverfahren: Daten, insbesondere Wichtungsfaktoren von Objekten, werden vom Ende der Auswertungsperiode verwendet.

Anfangs- und Endwertverfahren können aber auch Klassifizierungen und Flächenbezüge (für Werte/ha) betreffen.

Zugang und Abgang des Vorrates werden anhand einer aufgenommenen Probebaumkennziffer (Pk) differenziert, die bei der BWI² für jeden in der WZP/ZF4 erfassten Probebaum (Bäume ab 7 cm BHD) erhoben worden ist:

Tabelle 22: Anzahl der WZP/ZF4-Probeebäume für Zuwachs, Abgang, Nutzung

Pk	Pk_LangD	berücksichtigt für ...			AnzBäume
		Zuwachs	Abgang	Nutzung	
0	neuer Probebaum	*			94.569
1	wiederholt aufgenommener Probebaum	*			138.218
2	selektiv entnommener Probebaum	*	*	*	57.867
3	bei Kahlschlag entnommen	*	*	*	12.819
4	nicht stehend, am Ort verblieben	*	*		3.370
5	abgestorben (o. Feinaststruktur)	*	*		2.598
9	nicht auffindbar	*	*	*	486
Σ	Gesamt	309.927	77.140	71.172	309.927

Nur Traktecken mit Use12 = 100 (Schnittmenge des Inventurgebietes beider Inventuren mit vergleichbaren Daten)

24,9 % (77.140 Bäume) aller bei beiden Bäume erfassten Inventuren sind während der Periode ausgefallen (Abgang), 30,5 % (94.569 Bäume) sind eingewachsen (PK = 0). Für nur 44,6 % (138.218 Bäume) liegen Zweifachmessungen vor (PK = 1). Da der Auswertezeitraum mit 15 Jahren sehr lang ist, kann das Wachstum der ausgefallenen bzw. eingewachsenen Bäume mit einem Anteil von 55,4 % (171.709) nicht ignoriert werden. Hierzu wurden für die nur einmal gemessenen Bäume Werte modelliert (s. Kap. 6.2.13) und deren Wachstum berechnet (s. Kap. 6.2.14).

Beim Zuwachs des Vorrates, genauer beim Bruttozuwachs, sind drei Komponenten zu unterscheiden:

- a) Zuwachs eingewachsener Bäume (ingrowth)
- b) Zuwachs überlebender Bäume (survivor)
- c) Zuwachs ausgeschiedener Bäume (cut, mortality)

Für die Komponente b (survivor) liegen Messwerte von zwei Zeitpunkten vor.

Für die Bäume (Probebaumkennziffer Pk=0) der Komponente a (ingrowth) wurden Messwerte (BHD, Baumhöhe, Alter) für den Zeitpunkt BWI¹ modelliert und dies unabhängig davon, ob der Baum damals die Derbholzgrenze (≥ 7 cm BHD) überschritten hatte und im Grenzkreisradius lag. Die modellierten Messwerte für den Periodenbeginn wurden auf 0 korrigiert, wenn sich rechnerisch ein Alter von weniger als 1 Jahr ergeben hat.

Für die Bäume der Komponente c (cut, mortality) wurden die Messwerte (BHD, Baumhöhe, Alter) für die Periodenmitte modelliert.

Für alle drei Komponenten wurden anschließend weitere Größen wie Grundfläche, Volumina etc. abgeleitet und die Differenz von Werten zweier Zeitpunkte – also verschiedene Zuwachsmerkmale – hergeleitet (s. 0). Bei ingrowth und survivor sind das Differenzen zwischen den Werten vom Periodenende (BWI²) und Periodenbeginn (BWI¹), bei Komponente cut und mortality Differenzen zwischen Werten von der Periodenmitte zum Periodenbeginn. Baumwerte von cut und mortality, die für die Periodenmitte modelliert wurden, sind Ausgangsbasis für Abgangsrechnungen von Derbholz. Bäume, die nach der BWI¹ die Derbholzgrenze überschritten haben, aber vor der BWI² ausgeschieden sind, werden nicht berücksichtigt – sie werden in keiner Inventur erfasst.

Aus dem periodischen Einzelbaumzuwachs wurde der jährliche Einzelbaumzuwachs durch Division mit der Anzahl der Vegetationsperioden zwischen den beiden Aufnahmen ermittelt. Die Anzahl der Vegetationsperioden vom Periodenbeginn bis zum Periodenende variiert zwischen 11,5 und 17,0 Jahren. Angenommen wurde eine jährliche Vegetationsperiode vom 1. Mai bis 15. September.

Aus den periodischen Abgangswerten des ausgeschiedenen Bestandes, modelliert zur Periodenmitte, wurden die jährlichen Werte durch Division mit der Anzahl der Kalenderjahre vom Periodenbeginn bis zum Periodenende ermittelt. Die Anzahl der Kalenderjahre variiert zwischen 10,4 und 17,1 Jahren.

Abgang

Hochrechnungen von Abgangsgrößen (Beispiele s. Tabelle 23) erfolgen wie Zustandsrechnungen (s. Tabelle 17) mit dem Algorithmus eines der drei Hochrechnungstypen nach dem Anfangswertverfahren (beachte Hinweise im Kapitel 6.4.1). Als Inputgrößen werden Differenzen von Merkmalen auf der Objektebene bzw. der untersten Aggregationsebene übergeben (Beispiele s. Tabelle 23).

Der Abgang vom Vorrat kann erst ab 10 cm BHD ausgewiesen werden, da bei der BWI¹ in der WZP/ZF4 Bäume erst ab 10 cm BHD erfasst wurden.

Bezüglich des Flächenbezuges der Auswertungsgebiete und der Klassifizierung sind verschiedene Ansätze denkbar. Die Standardauswertungen des Bundes zum Abgang sind reine Anfangswertverfahren, d.h. Wichtung (Stammzahl/ha), Flächenbezug und Klassifizierung beziehen sich auf den Beginn der Auswertungsperiode (BWI¹).

Tabelle 23: Beispiele für Abgangsgrößen bei BWI² und notwendige Inputs für Hochrechnung

Zielmerkmal (Abgangsgröße)	Hochrechnungstyp	Input für Hochrechnung s. Tabelle 17; Summen laufen über alle zugehörigen Objekte z' Hinweis: Objekte für y und x, die nicht zu einer bestimmten Auswertungseinheit oder zu einem bestimmten Auswertungsgebiet gehören, gehen mit dem Wert 0 für x_{hij} bzw. y_{hij} ein. Die Klassifizierungen können sich für y und x unterscheiden.	
		y_{hij}	x_{hij}
Themengruppe: Umwandlungsfläche, auch ideelle (Traktecken)			
Anteil der Umwandlungsfläche an der Gesamtfläche [%]	Mittelwert ^G	$\Delta p'_{Fl}$	-
Umwandlungsfläche [ha]	Gesamtwert	$\Delta p'_{Fl}$	-
Anteil an der Waldfläche [%]	Ratio-Schätzer	$\Delta p'_{Fl}$	p'_{fl}
Anteil an der Umwandlungsfläche [%]	Ratio-Schätzer	$\Delta p'_{Fl}$	$\Delta p'_{Fl}$
Themengruppe: Derbholz, Abgang oder Nutzung, Bäume ab 10 cm BHD			
Stammzahl des ausgeschiedenen Bestandes	Gesamtwert	$\sum N'^{(ha)}$	-
Grundfläche des ausgeschiedenen Bestandes [m²]	Gesamtwert	$\sum N'^{(ha)} \cdot \Delta g'_C$	-
Grundfläche des ausgeschiedenen Bestandes [m²/ha]	Ratio-Schätzer	$\sum N'^{(ha)} \cdot \Delta g'_C$	$\sum N'^{(ha)} \cdot p'_{sfl}$ oder p'_{fl}
Vorrat des ausgeschiedenen Bestandes [m³]	Gesamtwert	$\sum N'^{(ha)} \cdot \Delta vol R'_C$	-
Vorrat des ausgeschiedenen Bestandes [m³/ha]	Ratio-Schätzer	$\sum N'^{(ha)} \cdot \Delta vol R'_C$	$\sum N'^{(ha)} \cdot p'_{sfl}$ oder p'_{fl}
Vorrat des ausgeschiedenen Bestandes [m³/ha*a]	Ratio-Schätzer	$\sum N'^{(ha)} \cdot \Delta vol R'_C / t_K$	$\sum N'^{(ha)} \cdot p'_{sfl}$ oder p'_{fl}

Vorrat (Erntefestmeter) des ausgeschiedenen Bestandes [m ³]	Gesamtwert	$\sum N'^{(ha)} \cdot \Delta vol E'_C$	-
Vorrat (Erntefestmeter) des ausgeschiedenen Bestandes [m ³ /ha]	Ratio-Schätzer	$\sum N'^{(ha)} \cdot \Delta vol E'_C$	$\sum N'^{(ha)} \cdot p'_{sfl}$ oder p'_{fl}
Vorrat (Erntefestmeter) des ausgeschiedenen Bestandes [m ³ /ha*a]	Ratio-Schätzer	$\sum N'^{(ha)} \cdot \Delta vol E'_C / t_K$	$\sum N'^{(ha)} \cdot p'_{sfl}$ oder p'_{fl}

mit

Merkmal	Erläuterung in Kapitel
$\Delta p'_{Fl} = \{0, 1\}$ = Flächenanteil der Umwandlungsflächen an der Gesamtfläche (reell)	0
$p'_{fl} = \{0, 1\}$ = Flächenanteil an der Gesamtfläche bei BWI ¹ (reell)	6.2.7
p'_{sfl} = normierter Standflächenanteil eines Baumes bei BWI ¹	6.2.7
$N'^{(ha)}$ = repräsentierende Stammzahl eines Baumes [1/ha] bei BWI ¹	6.2.2 und 6.2.5
$\Delta g'_C$ = Grundfläche eines ausgeschiedenen Baumes [m ²]	6.2.14
$\Delta vol R'_C$ = Volumen (mit Rinde) eines ausgeschiedenen Baumes [m ³]	6.2.14
$\Delta vol R'_C$ = Volumen (ohne Rinde) eines ausgeschiedenen Baumes [m ³]	6.2.14
t_K = Anzahl Kalenderjahre [a]	

Zugang

Prinzipiell erfolgen Hochrechnungen von Zugangsgrößen (Beispiele s. Tabelle 24) wie Zustandsrechnungen (s. Tabelle 17) nach dem Endwertverfahren (beachte Hinweise im Kapitel 6.4.1). Als Inputgrößen werden Differenzen von Merkmalen auf der Objekt- bzw. untersten Aggregationsebene übergeben (Beispiele s. Tabelle 24)

Der Bruttozuwachs (Zuwachs des Vorrates, Zuwachs der Grundfläche etc.) wird aus einer Kombination aus Anfangs- und Endwertverfahren ermittelt, denn nur bei den eingewachsenen und überlebenden Bäumen sind am Periodenende Wichtungsfaktoren (Stammzahl/ha) vorhanden. Also kann nur für diese Zuwachskomponenten das Endwertverfahren angewendet werden. Bei den ausgeschiedenen Bäumen ist die Wichtung nur mit dem Anfangswert möglich. Das betrifft die Wichtung und die Klassifizierung. Für den Flächenbezug auf Auswertungsgebiete werden die Flächen des Periodenbeginns (BWI¹) bzw. –endes (BWI²) gemittelt.

Das Produkt aus jährlichem Zuwachs und 15 Jahren ist nicht identisch mit dem entsprechenden periodischen Zuwachs, weil die Anzahl der Vegetationsperioden nicht mit der Spanne zwischen den Stichjahren übereinstimmt.

Tabelle 24: Beispiele für Zugangsgrößen bei BWI² und notwendige Inputs für Hochrechnung

Zielmerkmal (Zugangsgröße)	Hochrechnungs- typ	Input für Hochrechnung s. s. Tabelle 17; Summen laufen über alle zugehörigen Objekte z'' bzw. z' Hinweis: Objekte für y und x, die nicht zu einer bestimmten Auswertungseinheit oder zu einem bestimmten Auswertungsgebiet gehören, gehen mit dem Wert 0 für x_{hijz} bzw. y_{hijz} ein. Die Klassifizierungen können sich für y und x unterscheiden.	
		y_{hij}	x_{hij}
Themengruppe: Neuwaldfläche, auch ideelle (Traktecken)			
Anteil der Neuwaldfläche an der Gesamtfläche [%]	Mittelwert ^G	$\Delta p''_{Fl}$	-
Neuwaldfläche [ha]	Gesamtwert	$\Delta p''_{Fl}$	-
Anteil an der Waldfläche [%]	Ratio-Schätzer	$\Delta p''_{Fl}$	p''_{fl}
Anteil an der Neuwaldfläche [%]	Ratio-Schätzer	$\Delta p''_{Fl}$	$\Delta p''_{Fl}$
Themengruppe: Derbholz, Bruttozuwachs, Bäume ab 7 bzw. 10 cm BHD			
Stammzahl	Gesamtwert	$\sum N''^{(ha)} + \sum N'^{(ha)}$	-
Zuwachs der Grundfläche [m²]	Gesamtwert	$(\sum N'^{(ha)} \cdot \Delta g''_C + \sum N''^{(ha)} \cdot \Delta g''_{IS})$	-
Zuwachs der Grundfläche [m²/ha]	Ratio-Schätzer	$(\sum N'^{(ha)} \cdot \Delta g''_C + \sum N''^{(ha)} \cdot \Delta g''_{IS})$	$(\sum N''^{(ha)} \cdot p''_{sfl} + \sum N'^{(ha)} \cdot p'_{sfl}) / 2$ oder $(p''_{sfl} + p'_{sfl}) / 2$
Zuwachs der Grundfläche [m²/ha*a]	Ratio-Schätzer	$(\sum N'^{(ha)} \cdot \Delta g''_C / t_v + \sum N''^{(ha)} \cdot \Delta g''_{IS} / t_v)$	$(\sum N''^{(ha)} \cdot p''_{sfl} + \sum N'^{(ha)} \cdot p'_{sfl}) / 2$ oder $(p''_{sfl} + p'_{sfl}) / 2$
Zuwachs des Vorrates [m³]	Gesamtwert	$(\sum N'^{(ha)} \cdot \Delta volR''_C + \sum N''^{(ha)} \cdot \Delta volR''_{IS})$	-

Zuwachs des Vorrates [m³/ha]	Ratio-Schätzer	$(\sum N'^{(ha)} \cdot \Delta vol R_C'' + \sum N''^{(ha)} \cdot \Delta vol R_{IS}'')$	$(\sum N''^{(ha)} \cdot p_{sfl}'' + \sum N'^{(ha)} \cdot p_{sfl}') / 2$ oder $(p_{sfl}'' + p_{sfl}') / 2$
Zuwachs des Vorrates [m³/ha*a]	Ratio-Schätzer	$(\sum N'^{(ha)} \cdot \Delta vol R_C'' / t_v + \sum N''^{(ha)} \cdot \Delta vol R_{IS}'' / t_v)$	$(\sum N''^{(ha)} \cdot p_{sfl}'' + \sum N'^{(ha)} \cdot p_{sfl}') / 2$ oder $(p_{sfl}'' + p_{sfl}') / 2$
Zuwachs des Durchmessers [mm]	Gesamtwert	$(\sum N'^{(ha)} \cdot \Delta d_C'' + \sum N''^{(ha)} \cdot \Delta d_{IS}'')$	-
Zuwachs des Durchmessers [mm/a]	Gesamtwert	$(\sum N'^{(ha)} \cdot \Delta d_C'' / t_v + \sum N''^{(ha)} \cdot \Delta d_{IS}'' / t_v)$	-

mit

Merkmal	Erläuterung in Kapitel
$\Delta p_{Fl}'' = \{0, 1\}$ = Flächenanteil der Neuwaldfläche an der Gesamtfläche (reell)	6.2.13
$p_{fl}'' = \{0, 1\}$ = Flächenanteil an der Gesamtfläche bei BWI2 (reell)	6.2.7
p_{sfl}'' = normierter Standflächenanteil eines Baumes bei BWI2	6.2.7
$p'_{fl} = \{0, 1\}$ = Flächenanteil an der Gesamtfläche bei BWI1 (reell)	6.2.7
p'_{sfl} = normierter Standflächenanteil eines Baumes bei BWI1	6.2.7
$N''^{(ha)}$ = repräsentierende Stammzahl eines Baumes [1/ha] bei BWI2	6.2.2 und 6.2.5
$N'^{(ha)}$ = repräsentierende Stammzahl eines Baumes [1/ha] bei BWI1	6.2.2 und 6.2.5
$\Delta g_{IS}''$ = Bruttozuwachs der Grundfläche eines eingewachsenen oder überlebenden Baumes [m²], Differenz von g zwischen zwei Zeitpunkten	6.2.13
$\Delta g_C''$ = Bruttozuwachs der Grundfläche eines ausgeschiedenen Baumes [m²], Differenz von g zwischen zwei Zeitpunkten	6.2.13
$\Delta vol R_{IS}''$ = Bruttozuwachs des Volumens (mit Rinde) eines eingewachsenen oder Überlebenden Baumes [m³], Differenz	6.2.13

von volR zwischen zwei Zeitpunkten	
$\Delta volR_C''$ = Bruttozuwachs des Volumens (mit Rinde) eines ausgeschiedenen Baumes [m³], Differenz von volR zwischen zwei Zeitpunkten	6.2.13
$\Delta d_{IS}''$ = Bruttozuwachs des Durchmessers eines eingewachsenen oder überlebenden Baumes [mm], Differenz von d zwischen zwei Zeitpunkten	6.2.13
$\Delta d_C''$ = Bruttozuwachs des Durchmessers eines ausgeschiedenen Baumes [mm], Differenz von d zwischen zwei Zeitpunkten	6.2.13
t_v = Anzahl Vegetationsperioden [a]	

6.5 Software

Es wurde eine flexible Auswertungs-Software entwickelt, die als Baukastensystem aus drei kombinierbaren Teilen besteht. Diese Teile erledigen die Aufgaben

- a) Datenbereitstellung für eine Hochrechnung (für mehrere Ergebnisse einer Fragestellung),
- b) Hochrechnen von Daten und Ablegen der Ergebnisse in Ergebnisdatenbanken,
- c) Präsentation der Ergebnisse aus Ergebnisdatenbanken (jeweils mit mehreren Ergebnissen aus einem Thema oder mehreren Themen).

Die Aufgabe Datenbereitstellung (a) umfasst sowohl das Ableiten von Merkmalen auf unterster Ebene wie beispielsweise Volumen oder die Standfläche von Bäumen, als auch die Datenselektion und Datenübergabe von für Traktecken voraggregierten Werten an die Hochrechnung. Diese Aufgabe ist abhängig von der konkreten Stichprobeninventur, meist auch von deren Datenmodell. Deshalb wurden für die BWI spezielle Softwaremodule entwickelt. Neben den Datenbanken mit den eigentlichen Inventurdaten wurde eine Schlüsseldatenbank aufgebaut, in der die nominal oder ordinal skalierten Merkmale (nominal: z. B. Eigentumsart, Baumart; ordinal: z. B. Altersklasse, BHD-Stufe, Höhenstufe) inkl. ihrer Gruppierungen definiert sind.

Ergebnisse können über Steuer- oder Metadaten abgefragt werden. Die Aufgaben Hochrechnung (b) und Ergebnispräsentation (c) sind nach entsprechender Abstraktion unabhängig von konkreten Fragestellungen und unabhängig von konkreten systematischen Stichprobeninventuren. Das Modul Ergebnispräsentation ist für die öffentliche Nutzung per Internet oder lokal auf DVD bereitgestellt. Das Hochrechnungsmodul ist ausgewählten Nutzern vorbehalten, da es inventur- und auswertungstechnisches Spezialwissen erfordert.

7 Anhang

7.1 Veröffentlichungen zur BWI² und zur Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung

Veröffentlichungen in deutsch

- Die zweite Bundeswaldinventur – BWI². Das Wichtigste in Kürze (87 Seiten). BMVEL, 2004,
- BWI² – Der Inventurbericht. BMELV, 2005,
- Länderauswertungen zur Bundeswaldinventur,
- Das potenzielle Rohholzaufkommen 2003 bis 2042. Das Wichtigste in Kürze, BMELV, 2005,
- Das potenzielle Rohholzaufkommen 2003 bis 2042. Tabellen und Methoden, BMELV, 2005,
- Das Waldentwicklungsmodell 2003 bis 2042. Modell und Ergebnisse, BMELV, 2005,
- www.bundeswaldinventur.de mit Ergebnis-Tabellen und Recherchemöglichkeiten zu Bundeswaldinventur und Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung,
- Die zweite Bundeswaldinventur – BWI². Berichte, Tabellen und Datenbank. BMELV 2007 (DVD)
- Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung 2003 bis 2042. Berichte, Tabellen und Datenbank. BMELV 2007 (DVD)

Weitere Informationen zu deutschen Wäldern des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz:

- Gesamtwaldbericht der Bundesregierung 2001,
- Bericht über den Zustand des Waldes,
- Ernährungs- und agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung,

- Siehe auch: www.verbraucherministerium.de.
- See also: www.bmelv.de.

Englischsprachige Veröffentlichungen:

- The Second National Forest Inventory – NFI². Inventory and Evaluation Methods. BMELV, 2006.
- The Second National Forest Inventory – NFI². Results. BMELV, 2006.

Alle Veröffentlichungen können kostenfrei vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Referat Öffentlichkeitsarbeit bezogen werden. Nutzerspezifische Dienstleistungen zur BWI und zu WEHAM werden von der BFH gegen Kostenerstattung erbracht. /

7.2 Literatur

Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft: Aufnahmeanweisung für die Bundeswaldinventur II (2001 – 2002). 2. korrigierte, überarbeitete Auflage, Bonn, 2001

BITTERLICH, Walter: Die Winkelzählmessung. Allgemeine Forst- und Holzwirtschaftliche Zeitung, 58, Heft 11/12, S. 94ff, 1947

BRASSEL, P., Lischke, H. (Red): Schweizerisches Landesforstinventar, Methoden und Modelle der Zweitaufnahme 1993 - 1995. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. Manuskript November 1999.

COCHRAN, W. G.: Sampling techniques. New York: John Wiley & Sons, 428 S., 1977

DAHM, S.: Bundeswaldinventur – Auswertungsmodelle und Vorschläge zur Effektivitätssteigerung. Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, 180, S. 1-142, 1995

DAHM, S.: Die Auswertungsalgorithmen für die zweite Bundeswaldinventur. Arbeitsbericht des Institutes für Waldökologie und Waldinventuren der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Eberswalde, 2006

DAHM, S.: Möglichkeiten zur Einschränkung der Höhen- und D7-Messungen bei der Bundeswaldinventur. In: Deutscher Verband forstliche Versuchsanstalten. Sektion Forstliche Biometrie und Informatik. 12. Tagung 1999; Göttingen, 2000

DE VRIES, P. G.: Sampling Theory for Forest Inventory. Berlin: Springer Verlag, 207 S., 1986

Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection: Survey instructions for the 2nd National Forest Inventory (2001 – 2002). Bonn, 2006

HENNIG, P.: Bundeswaldinventur II – Von der Datenerfassung bis zur Ergebnispräsentation, Konzept für die Hochrechnung am Beispiel der Bundeswaldinventur. In: Tagungsband 2003, Sechste Arbeitssitzung der DV-Verantwortlichen, Informationstechnologie in der Forstlichen Forschung, Freising: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft 2004, S. 75ff

HENNIG, P.: Software für die Auswertung der Zweiten Bundeswaldinventur – Hochrechnung und Präsentation der Daten. Sammlung der Beiträge von der 15. und 16. Jahrestagung der Sektion Forstliche Biometrie und Informatik des Deutschen Verbandes Forstlicher Forschungsanstalten, Freiburg, 09.10.2003 / Freising, 04.-05.10.2004. Trippstadt: 2005, S. 226-244

HRADETSKY, J.: Stichproben an Bestandesrändern. Freiburg: Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden Württemberg, Heft 152, 1990

HRADETSKY, J. : Schriftliche Mitteilung, 1999

HRADETSKY, J., KÄNDLER, G.: Methodik der Zuwachsberechnung für permanente Winkelzählproben. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Arbeitspapier 2004

HRADETSKY, J., POKORNY, B.: Zuwachsermittlung auf Grundlage von permanenten Winkelzählproben mit Probebaumaufnahmen. In: AFZ/Der Wald 15/1996 S. 826 – 828.

HRADETSKY, J.: Zuwachsermittlung bei Waldinventuren, Arbeitspapier 2003

KÄNDLER, G., HRADETSKY, J.: Methodik der Berechnung von Zuwachs und Nutzung aus permanenten Waldinventuren am Beispiel der Bundeswaldinventur II. Sammlung der Beiträge von der 15. und 16. Jahrestagung der Sektion Forstliche Biometrie und Informatik des Deutschen Verbandes Forstlicher Forschungsanstalten, Freiburg, 09.10.2003 / Freising, 04.-05.10.2004. Trippstadt: 2005, S. 204-216

KÖHL, M.: Statistische Schätzalgorithmen in der Bundeswaldinventur (BWI). Bericht zum Forschungsauftrag des BML, Institut für Waldwachstum und Forstliche Informatik, Tharandt 1998

- Kublin, E., G. Scharnagl, G.: Biometrische Lösungen für die Berechnung des Volumens, der Sortierung, der Rindenabzüge und der Ernteverluste im Rahmen der Bundeswaldinventur. Verfahrens- und Programmbeschreibung zum BWI-Unterprogramm BDAT, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg 1988
- Kublin, E.: Verfahrens- und Programmbeschreibung zum erweiterten BWI – Unterprogramm BDAT 2.0, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg, 2002
- NAGEL, Jürgen; Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt: Parametrisierung der Sloboda-Wachstumsfunktion gemäß WEHAM-Fachkonzept der FVA Baden-Württemberg als Grundlage für eine alternative Zuwachsschätzung zur Zuwachsschätzung aus WEHAM. Göttingen, 2003
- SCHIELER, K.: Methode der Zuwachsberechnung der Österreichischen Waldinventur. Dissertation, Institut für Waldwachstumsforschung der Universität für Bodenkultur Wien, Februar 1997, 92 S.
- SLOBODA, J, GAFFREA, D. und MATSUMURA, N. : Regionale und lokale Systeme von Höhenkurven gleichartiger Waldbestände. Allgemeine Forst und Jagdzeitung, Frankfurt a. M. 164, 12, S. 225 – 228, 1993
- WERNER, H.: Praktische Mathematik I. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, 275 S., 1975

7.3 Begriffe / Technical terms

Abgang / Cut All *removals* plus the trees of the *angle-count sampling* within the scope of NFI¹ that are dead but still present as well as trees that have been cut but are obviously not intended for use.

Altbestockung / Old forest cover Trees over 4 m in height recorded by means of *angle-count sampling* (basal area factor 1 or 2) irrespective of stand boundaries.

Alter / Age Number of calendar years (also growing seasons) of a tree since the germination of the seeds and/or the rooting of the nursery plant.

Außereuropäische Baumarten / Non-European tree species The tree species introduced by man in modern times and originating in non-European countries irrespective of whether they form part of the natural forest community.

Auswertungseinheiten / Evaluation units Objects in the forest which are differentiated according to geographical, temporal and factual criteria. This is done with the help of classification parameters (on a nominal or ordinal scale) which were either recorded in, or estimated for, the evaluation units

themselves or primary or secondary sampling units (cluster, plot).

Auswertungsgebiete / Evaluation areas Areas in the forest which are differentiated according to geographical, temporal and factual criteria. This is done with the help of classification parameters (on a nominal or ordinal scale) which were recorded in, or estimated for, primary or secondary sampling units (cluster, plot).

Baumartengruppe / Tree species group The NFI² distinguishes among the following tree species groups for evaluation purposes:

- oak: all oak species (including red oak),
- beech,
- other deciduous trees with a long life expectancy: maple species, European plane, sweet chestnut, ash, lime species, walnut tree species, robinia, horse chestnut, service tree, holly, elm, white ash,
- other deciduous trees with a short life expectancy: birch species, wild service tree, alder species, poplar trees, bird cherry trees, sweet cherry, forest fruiting trees, all other deciduous tree species not specifically named,
- spruce: all spruce species and other coniferous trees except for Douglas fir, pine, larch, and fir,
- fir: silver fir, grand fir and other firs,
- Douglas fir,
- pine: all pine species,
- larch: all larch species.

Begleitbaumarten / Secondary tree species Secondary tree species are obligate companions which are not dominant in the upper canopy.

Bestand / Stand Forest management unit; part of the forest contrasting with its surroundings as regards age and tree species. Over a longer period of time, it is the smallest unit of silvicultural treatment.

Bestandesschicht / Canopy class Vertical configuration of the *stand*. Within a canopy class, the trees have their crown area at the same height above the ground. Different canopy classes of a stand have no contact with one another in the crown area. The layers involved in the structure of a stand are distinguished according to their silvicultural and economic significance: *Main stand, understorey, upper storey, secondary stand*.

Bestandesaufbau / Stand structure Vertical structure of the *stand*.

Bestockung / Forest cover The forest cover describes the forest site irrespective of stand boundaries. It is divided into *main forest cover, young forest cover, old forest cover*.

Bestockungstyp / Type of forest cover For the NFI², the observed forest covers were classified into types of forest cover. They are named after the most common tree species (not tree species group) occurring there.

Kolline Stufe / Colline level Natural altitudinal zone of the hilly area: in Germany, at an altitude between approx. 100 m and 600 m above sea level.

Derbholz / Compact wood Above-ground woody mass having a diameter of over 7 cm including bark.

Eigentumsart / Type of ownership There are five types of ownership: *state forest (national property)*, *state forest (Land property)*, *communal forest*, *Treuhand forest* and *private forest*.

Erntefestmeter / Timber under bark Measurement in m³ to estimate the usable *compact wood* as a basis for timber harvesting planning. In contrast to solid volume over bark, bark and harvesting losses are not taken into account in the NFI and the modelling of timber harvesting potential. Timber under bark is usually derived from the *solid volume over bark* minus bark and harvesting losses.

Führende Baumart / Main tree species Tree species permanently and necessarily forming part of a *natural forest community*. The dominant tree species in the upper canopy level.

Grundfläche / Basal area Sum of the cross-sectional areas (m²/ha) of the stems of all trees at a height of 1.3 m.

Hauptbaumart / Main tree species Tree species permanently and necessarily forming part of a natural forest community. The dominant tree species in the upper canopy level.

Hauptbestand / Main stand *Canopy class* having the main economic significance. If the degree of coverage of the highest canopy amounts to at least 5/10, this is always the main stand. Evaluations of the main stand include the *plenter forest*.

Hauptbestockung / Main forest cover Part of the *forest cover* having the main economic significance. If the coverage of trees over 4 m in height amounts to at least 5/10, this is always the main forest cover (cf. *old forest cover*, *young forest cover*).

Hochwald / High forest High forest is a forest from plantations or seedlings or a forest from coppice stand or suckers which is not termed as a *coppice forest* or a *composite forest* because of its age (>40 years). In high forests, stands are managed on relatively long rotations. High forest is divided into "age-class high forest" and *plenter forest*.

Holzboden / Timberland Area permanently serving the purposes of wood production. This also includes ditches, areas under power lines, areas unstocked for a time (temporarily unstocked areas) as well as roads and paths less than 5 m wide.

Holzvorrat / Timber stock *Compact wood*.

Jungbestockung / Young forest cover Trees from 0.2 to 4 m in height in a sample circle (r = 10 m) (cf. *forest cover*).

Klassifizierungsmerkmal / Classification parameter Parameters according to which evaluation areas and/or units – and thus the results – are differentiated (e.g. Länder, types of ownership, tree species). They can only be parameters on a nominal or ordinal scale. They appear in the heading and the first column of the tables of results or as filters in the subtitle of a table.

Körperschaftswald / Communal forest Forest owned by towns, local authorities or special purpose associations, other corporations, institutions and foundations under public law. Under the Federal Forest Act, this does not include forest owned by religious communities and their institutions as well as forest of certain rare German types of ownership (Realverbände, Haubergs- und Markgenossenschaften, Gehöferschaften) as long as this forest is not regarded as communal forest under the law of the relevant Land.

Lücke / Gap Timberland with a *basal area* and/or number of trunks below the detection limit of the survey method (under 4 m²/ha and no trees of the main stand in the sample circles with a radius of 1.75 m or 1 m).

Mischbestockung / Mixed forest cover A *forest cover* in which, besides the leading tree species, there is at least one tree species with a mixture proportion of at least 10 %.

Mittelwald / Composite forest The composite forest is a hybrid formed from coppice forest and high forest, with so-called upper storey from grown coppice stands and seedlings and understorey from coppice stand, suckers and seedlings.

Montane Stufe / Montane level Natural altitudinal zone of the mountain forest. This zone lies between 450 and 800 m in lower mountain ranges (Mittelgebirge) and between 1200 and 1400 m on the north side of the Alps.

Nebenbaumarten / Secondary tree species Secondary tree species are obligate companions which are not dominant in the upper canopy level.

Nebenbestand / Secondary stand Trees not having any contact with the crown area of the main stand.

Nichtholzboden / Unstocked forest land Forest areas not considered *timberland*. Unstocked forest land includes forest tracks, rides and firebreaks over 5 m wide, landings, seed and plant nurseries, wood-pastures and wildlife food plots, the areas of yards and buildings used for forestry purposes, recreational facilities linked to the forest and rocks, boulders, gravel and water located in the forest.

Niederwald / Coppice forest Coppice forest is a forest from coppice stand or suckers of up to 40 years of age.

Nutzung / Removals All trees of the *angle-count sampling* that have been cut and can no longer be found. This does not include deadwood and forgotten trees in the forest.

Oberstand / Upper storey The upper storey is the *canopy class* above the *main stand*.

Pionierbaumarten / Pioneer tree species Pioneer tree species are tree species which are only temporarily involved in the structure of a stand and colonise the location at early stages of the succession following a disruption.

Planare Stufe / Planar level Natural altitudinal zone of the lowland plain up to 100 m above sea level, rarely also above 100 m.

Plenterwald / Plenter forest The plenter forest is a form of *high forest* with constant regeneration and harvesting. In the plenter forest, trees of various ages and sizes are mixed permanently on small areas.

Privatwald / Private forest Forest which is neither state forest nor communal forest.

Reinbestockung / Pure forest cover Forest cover at least 90% of which consists of one single tree species.

Schutzmaßnahme / Protection measures Protection measures against damage by game are broken down into fence protection and individual protec-

tion.

sonstige Laubbäume mit hoher Lebensdauer / Further deciduous trees with a long life expectancy Other deciduous trees with a long life expectancy except for ash (*tree species group*); significant for *forest cover* typing.

sonstige Laubbäume mit niedriger Lebensdauer / Further deciduous trees with a short life expectancy Other deciduous trees with a short life expectancy except for ash, birch (*tree species group*); significant for *forest cover* typing.

Staatswald / State forest Forest exclusively under public ownership. It is divided into state forest owned by the federal government and state forest owned by the Land.

Subalpine Stufe / Sub-alpine level Natural altitudinal zone of the mountain forest. In the Alps, this zone lies between approx. 800 m and 1600 m above sea level and thus extends up to the tree-line.

Submontane Stufe / Submontane level Natural altitudinal zone of the mountain forest between 400 and 1000 m above sea level.

Treuhandwald / Treuhand forest Forest expropriated within the scope of the land reform in the GDR and transferred into public ownership and now either privatised or about to be privatised.

Unterstand / Understorey *Canopy class* below the *main stand*.

Vorrat / Stock *Compact wood*, either *solid volume over bark* or *timber under bark*.

Vorratsfestmeter / Solid volume over bark Unit of measurement for standing timber stock including bark. Measured in m³ (*compact wood*).

Wald / Forest Forest within the meaning of the NFI is any area of ground covered by forest vegetation, irrespective of the information in the cadastral survey or similar records. The term forest also refers to cutover or thinned areas, forest tracks, firebreaks, openings and clearings, forest glades, feeding grounds for game, landings, rides located in the forest, further areas linked to and serving the forest including areas with recreation facilities, overgrown heaths and moorland, overgrown former pastures, alpine pastures and rough pastures, as well as areas of dwarf pines and green alders. Heaths, moorland, pastures, alpine pastures and rough pastures are considered to be overgrown if the natural forest cover has reached an average age of five years and if at least 50% of the area is covered by forest. Areas with forest cover in open pasture land or in built-up areas of under 1000 m², coppices under 10 m wide and the cultivation of Christmas trees and ornamental brushwood as well as parkland attached to country houses are not forest within the meaning of the NFI. Watercourses up to 5 m wide do not break the continuity of a forest area.

Wald, produktiv / Forest, productive The productive forest is timberland not considered unproductive (cf. *forest, unproductive*).

Wald, unproduktiv / Forest, unproductive Fields of dwarf pines and green alders, areas of shrubs (but not temporarily unstocked areas) and other forest areas which are sparsely covered or with low productivity (< 1 m³ average total growth/hectare per year).

Waldgesellschaft, azonale / Forest community, azonal Forest communities growing under extreme soil conditions and being similar over a range of climates. They are usually found within larger forest communities, particularly on water-influenced sites, e.g. flood plain and lowland forests, fen, ravine, boulder and talus slope forests.

Waldgesellschaft, natürliche / Forest community, natural Forest community of the present potential natural vegetation of a location. This is a modelled conception of the highly developed vegetation which may be found at the location under the present site conditions and flora conditions – excluding existing and future direct human influences. The natural forest community also includes shade-intolerant tree species which occur for a limited time and space in pioneer phases of the natural forest development.

Winkelzählprobe / Angle-count sampling Optical sampling method first published in 1947 by Walter Bitterlich to quickly determine per ha values for basal area, tree species composition and other related data simply by counting the number of sample trees selected in an optical procedure. A Relaskop is used to facilitate the work and to improve the quality of the survey. s. p. 16

Zielmerkmale / Target parameters Criteria calculated by aggregation of raw data or derived data on different aggregation levels.

Zustandsergebnisse / Status results Information provided for a particular inventory date, e.g. on the target parameters 'share of forest area in total area' [%], 'forest area' [ha], 'timber stock' [m³], 'timber stock' [m³/ha], 'road length' [km], 'road length' [m/ha], 'forest edge length' [km], 'forest edge length' [m/ha], 'deadwood stock' [m³], 'deadwood stock' [m³/ha], 'share of ...' [%], etc. which are differentiated according to geographical, temporal and factual criteria.

7.4 Abkürzungen

aLh	andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer
aLn	andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer
BAnz	Bundesanzeiger
BGBI	Bundesgesetzblatt
BHD	Brusthöhendurchmesser, Durchmesser in 1,3 m Höhe
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
Fb	Flächenbezug
GPS	Global Positioning System
Hb	Hauptbestand
hpnV	heutige potenzielle natürliche Vegetation
ha	Hektar
LB	Laubbäume
m.R.	mit Rinde
NB	Nadelbäume
n.v.	nicht vorhanden
PI	Plenterwald
WZP	Winkelzählprobe

7.5 Impressum

Text: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Referat 533, Friedrich Schmitz, Bonn; vTI, Dr. Heino Polley, Petra Hennig, Karsten Dunger, Frank Schwitzgebel

© vTI, Braunschweig, 2008

...