

Methoden der Österreichischen Waldinventur 2000/02

Grundlagen, Entwicklung, Design, Daten, Modelle, Auswertung und Fehlerrechnung

K. GABLER, K. SCHADAUER

Institut für Waldinventur

Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Wien

Kurzfassung. Dieser Methodenband der Österreichischen Waldinventur behandelt die wesentlichen Elemente hinsichtlich der Ursprünge der Österreichischen Forst- und Wald-Inventuren sowie der terrestrischen Datenerhebung und der rechnerischen Auswertung einschließlich der Hoch- und Fehlerrechnung. Die historischen Vorbilder und die damaligen Versuchserhebungen, die zum derzeitigen "Design" der Österreichischen Waldinventur geführt haben, werden in den wesentlichen Punkten näher beschrieben. Es werden sämtliche verwendete Volums- und Formzahl-Funktionen sowie die für jede Inventurperiode entwickelten Höhenzuwachs- und *D03H*-Modelle mit ihren Ansätzen und Regressionskoeffizienten wiedergegeben. Die Angaben zur Datenerhebung beschreiben das Traktnetz, den Trakt mit seinen Probeflächen und Linien, die dort erhobenen Bestandes- und Standortmerkmale sowie die Daten der Probestämme einschließlich verwendeter Messgeräte und Maßeinheiten. Spezielle Erhebungen wie Verjüngung, Totholz und Walderschließung werden ausführlicher beschrieben, da sie zum Teil mit neuen Kriterien erst ab 1992 vorgenommen wurden und die Methoden zum Teil noch nicht abgeschlossen sind. Die Angaben zur Datenauswertung beinhalten die Formeln zur Berechnung der Waldfläche sowie der Pro-Hektar- und Gesamtwerte von Vorrat, Zuwachs, Nutzung und der Stammzahl. Die Auswertung der Walderschließung beruht auf dem Ansatz von Matérn (1964). Für die Verjüngungsauswertung einschließlich Verbissschadensbewertung wird ein spezielles Rechenschema verwendet, das auf einem SOLL/IST-Vergleich beruht. Bei der Totholz-Auswertung wurde für liegendes Totholz das relativ einfache Rechenschema wiedergegeben, wobei anzumerken ist, dass dieses Schema in Zukunft voraussichtlich verfeinert wird. Die Volumsberechnung des stehenden Totholzes erfolgt wie das der anderen Probestämme. Weiters werden einige "Spezialitäten" der Österreichischen Inventuren wie die "Nullteilung" von Flächen sowie der "Braun'sche Ansatz" etwas ausführlicher diskutiert.

Schlüsselworte: Forstinventur, Waldinventur, Großrauminventur, Wald, Trakt, Teilung von Probeflächen, Linienerhebung, Formzahlfunktion, Höhenzuwachs, Fehlerrechnung

Abstract. [Methods of the Austrian Forest Inventory 2000/02.] This volume of Austrian Forest Inventory concentrates on substantial elements regarding the origins of the Austrian Forest Inventories with emphasis on terrestrial data survey and computational interpretation including evaluation and standard error calculation. Historical examples and ancient sampling methods setting the basis for the currently used design of the Austrian Forest Inventory are described. Most of the used volume and form factor functions as well as height increment and *D03H* models with approaches and regression coefficients developed for each inventory period are presented. The figures for data collection describe the tract grid, the tract with the sample plots and lines, stand and site characteristics including data on sample trees and measuring tools and units used. Special surveys on regeneration, dead wood and roading are described in more detail as they have been surveyed under new aspects only from 1992 onwards and the methods have not yet been completed. Data interpretation includes formulae for the calculation of the forest area as well as for values per hectare and for total values of growing stock, increment, utilisation and number of stems. The evaluation of the roading is based on the approach by Matérn (1964). To evaluate regeneration data (including browsing damage) a special calculation scheme is used. For lying dead wood (stumps and logs) the calculation is relatively simple. This scheme is susceptible to refinement in the future. Volume calculation of standing dead trees is done in the same way as for the other sample trees. In addition, a few "special cases" of Austrian Inventories such as the "Nullteilung" of areas as well as the "Braun'sche Ansatz" (approach by Braun) are discussed in detail.

Keywords: forest, forest inventory, cluster sampling, subdivision of plots, line survey, height increment, volume and form factor functions of trees, evaluation and calculation of standard error

1. Einleitung, Kurzübersicht und Danksagung

An die Österreichischen Forst- und Waldinventuren wurden und werden viele Fragen gestellt. Das gilt für die Forstpolitik, forstliche Praxis, Betriebe und Industrie sowie für die Wissenschaft. Es werden daher seitens des Institutes für Waldinventur viele Antworten, Resultate und Fachbeiträge bereitgestellt. Einige Bundes-Ergebnisse der Österreichischen Waldinventuren bilden eine Datengrundlage diverser internationaler Prozesse und damit verbundener Berichtspflichten an internationale Organisationen. Die Österreichischen Waldinventuren umfassen ein breites Spektrum, das über die klassischen, ökonomischen Merkmale wie z. B. Waldfläche, Verjüngung oder Vorrat, Zuwachs, Nutzung weit hinausgeht. Es werden viele Bestandes- und Standorts-Merkmale erfasst und spezielle ökologische Merkmale erhoben.

Die Daten der erhobenen Merkmale werden bereits im Wald auf ihre Plausibilität überprüft. Eine ausführliche Qualitäts-Kontrolle der Daten erfolgt dann vorwiegend am Institut für Waldinventur durch Experten, umfangreiche, automationsunterstützte Prüf-Programme sowie Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung und mathematischer Statistik. Es werden somit für die Sicherung der Daten-Qualität umfangreiche Informationen herangezogen, wobei - im Unterschied zur „Mathematical Theory of Communication“ (Shannon and Weaver 1963, Seite 8) - unter „Information“ auch interpretierte Daten (z. B. aus dem Luftbild) mit einbezogen sind (Gabler und Englisch 1994).

Die Ergebnisse der Österreichischen Waldinventuren werden in Tabellen, Graphiken und zum Teil auf Karten dargestellt und sind als Publikationen sowie auf Compact-Disk erhältlich und teilweise im Internet verfügbar. Bei der Interpretation dieser Ergebnisse sowie beim Vergleich mit Ergebnissen anderer nationaler Forst- oder Waldinventuren ist es von großem Nutzen zu wissen, wie und mit welchen Methoden diese Ergebnisse berechnet wurden und welche Nebenbedingungen dahinter stehen. Eine wesentliche Nebenbedingung bei der Interpretation des Vorrates ist z. B. die angewandte Kluppschwelle, die in Europa eine beachtliche Bandbreite aufweist (European Communities 1997). Hinsichtlich Vergleichbarkeit wird am Beispiel der Auswertung der Walderschließung gezeigt, dass die Anwendung der Methode von Matérn in einigen Ländern Europas nicht unbedingt bedeutet, dass die mit dieser Methode berechneten Weglängen auch vergleichbar sein müssen.

Der Methodenband der Österreichischen Forstinventur: „Methodik der Auswertung und Standardfehler-Berechnung“ wurde 1969 von Braun veröffentlicht. In der Zwischenzeit wurden einige wesentliche Erweiterungen in der Methode der Auswertung vorgenommen. Neu sind die regressionsanalytisch hergeleiteten Datenmodelle für den periodenweisen Höhenzuwachs und oberen Durchmesser in 3 Zehntel der Baumhöhe. Weiters wurde seit 1992 die Erhebung und Auswertung der Verjüngung nach neuen Kriterien vorgenommen. Diese neuen mathematischen Ansätze und deren Kriterien sind in mehreren Diplomarbeiten, Dissertationen und Publikationen verstreut, wobei zum Teil unterschiedliche Notationen verwendet wurden. Es wurden sämtliche Volumsfunktionen und Datenmodelle sowie die Gleichungen für die Auswertung, Hoch- und Fehlerrechnung in eine einheitliche Notation gebracht.

Weiters gab es ab 1971 auch Änderungen im Design hinsichtlich Traktnetzdicke, Probeflächenanzahl pro Trakt und neue Traktabstände. Dieser Methodenband beantwortet daher auch die oft gestellte Frage, warum der jetzige Traktabstand - etwas unkonventio-

nell - rund 3,889 Kilometer beträgt. Eine weitere wesentliche Erweiterung im Design war ebenso die Einrichtung eines zusätzlichen konzentrischen kleinen Probekreises mit einem Radius von 2,60 Meter auf allen 300-Quadratmeter-Probekreisen.

Neu gestaltet wurde ab 1986 auch die Fehlerrechnung. Sie wurde zwecks „rascherer Ergebnisfindung“ vereinfacht, wobei darauf geachtet wurde, dass der „Genauigkeitsverlust“ im Vergleich zur vorher angewandten „Quadruplett-Methode“, die von Matérn (1960) stammt, vernachlässigbar ist. Neu hinzu gekommen sind weitere Erhebungen und Auswertungen von Daten für ökologische Fragestellungen, wie z. B. die Totholz-Ausstattung des Österreichischen Waldes.

Im folgenden wird ein kurzer Überblick über die einzelnen Kapitel gegeben.

Das Kapitel „Datenerhebung“ enthält Angaben zur „Datenerhebungsanlage“ bzw. „Design“ der Inventur sowie die auf den Probeflächen, Traktumfangslinien und mittels Winkelzählprobe erhobenen Daten. Eine Kurzbeschreibung der erhobenen flächenbezogenen Standort- und Bestandes-Merkmale ist im Anhang enthalten. Die ab 1992 neu gestaltete Erhebung der Verjüngung, der Totholz-Ausstattung einschließlich der „unförmigen Bäume“ ist in diesem Kapitel etwas ausführlicher beschrieben. Dies gilt auch für die Probestämme sowie für die Erhebungen am Traktumfang, nämlich die Linienenerhebung und die Linien-Schnittpunkt-Erhebung der „Weginventur“. Weiters sind in diesem Kapitel einige „Sondererhebungen“ beschrieben, die methodisch von Bedeutung sind, da im Verlauf der Jahrzehnte seit 1961 sowohl Mess- als auch Erhebungsmethoden geändert wurden. Vormalig angewandte Methoden, wie z. B. die „Stockinventur“ werden kurz erläutert.

Das Kapitel „Grundlagen der Österreichischen Waldinventur“ enthält die „Grundprinzipien“, die historischen Vorbilder und diverse Versuchserhebungen der Jahre 1953 bis 1960. Die Daten der eigens erhobenen „Funktionsstämme“ bilden die Grundlage für die im Rahmen der Österreichischen Forst- und Waldinventuren entwickelten und verwendeten Volums- und Formzahl-Funktionen. Eine Übersicht über die umfangreichen Messungen an diesen „Funktionsstämmen“ sowie erste Ansätze der Formzahl-Funktionen, die von Pollanschütz (1965) - in Anlehnung an Schiffel - erarbeitet wurden, sind daher in diesem Kapitel enthalten.

Das Kapitel „Datenmodelle“ enthält sämtliche seit 1961 angewandte Volums- und Formzahl-Funktionen sowie die Ansätze der Datenmodelle für den Höhenzuwachs und oberen Durchmesser in 3 Zehntel der Baumhöhe mit den zugehörigen Regressionskoeffizienten einschließlich Angaben zur Güte dieser Modelle. Einige Vergleiche der Höhenzuwachs-Modelle der Inventur mit Höhenzuwachs-Modellen anderer Autoren werden kurz diskutiert.

Das Kapitel „Berechnung der Schätzwerte“ enthält die Formeln zur Berechnung der Mittelwerte, des mittleren Fehlers der Mittelwerte und der Hochrechnung. Neben den traditionellen Größen wie Waldanteile, Bewaldungsprozent und der Waldfläche sowie der Pro-Hektar-Werte und Gesamtwerte für Vorrat, Zuwachs, Nutzung und die Stammzahl werden die Rechenschemas für die Verbisschadensbewertung und das Volumen des liegenden Totholzes angegeben. Die Formeln für die Auswertung der Linienenerhebungen und der Weginventur sind aus Gründen der Vollständigkeit ebenfalls in diesem Kapitel enthalten, obwohl in der Periode 2000/02 keine Weginventur vorgenommen wurde. Weiters werden in diesem Kapitel der Braun'sche Ansatz sowie die seit 1961 angewandte „Nullteilung“ etwas ausführlicher diskutiert.

Das Kapitel „Anmerkungen zur Methodik“ befasst sich kurz mit der Fehlerrechnung der Inventur im allgemeinen sowie einigen Aspekten in Zusammenhang mit systematischen Netzen. Ebenso wird auf einige Vorteile bezüglich der Teilung von Probeflächen an Wald- und Bestandesrändern hingewiesen. Weiters werden mögliche Auswirkungen auf die Ergebnisse wie z. B. der Nutzung, wegen zu großer Zeitabstände aufeinander folgender Inventuren kurz diskutiert.

Weiters sei folgenden Personen in alphabetischer Reihenfolge für ihre unermüdliche Unterstützung in vielen Belangen aufrichtig gedankt: DI Richard BÜCHSENMEISTER, Gudrun CSIKOS, Sylvia ERHARDT, Dr. Thomas GSCHWANTNER, DI Elmar HAUKE, Ing. Rudolf JEDLIČKA, Dr. Hamid MEHRANI MYLANI, Dr. Heimo SCHODTERER, Elisabeth WELLESCHÜTZ, Ing. Wernfried ZAINER.

2. Datenerhebung

2.1 Der Trakt

Im Rahmen der Österreichischen Waldinventur (ÖWI) werden Daten betreffend den Österreichischen Wald auf dem gesamten Bundesgebiet erhoben, wobei bislang nur Waldflächen näher beschrieben bzw. beprobt wurden. Die datenmäßige Erfassung und Auswertung wird seitens des Institutes für Waldinventur des Bundesamtes und Forschungszentrums für Wald (BFW) vormals Forstliche Bundesversuchsanstalt (FBVA) vorgenommen. Ab 1. Januar 2005 ist die neue Benennung des „BFW“: Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft mit Bundesamt für Wald.

Von der Gesamtfläche Österreichs wird von der ÖWI nur ein kleiner Teil, nämlich rund 0,008 Prozent, als Stichprobe herangezogen. Die Resultate der Stichprobenauswertung werden dann auf die Gebietseinheiten wie z. B. Bund, Länder hochgerechnet und die jeweiligen Schätzwerte mit ihren mittleren Fehlern angegeben.

Erhebungseinheit ist der Trakt, bestehend aus 4 Probeflächen zu je 300 Quadratmetern Kreisfläche, die in den Eckpunkten eines Quadrates mit 200 Meter Seitenlänge eingerichtet sind (siehe Abbildung 1: der Trakt). Die Seitenlängen dieses Quadrates liegen in Nord-Süd bzw. Ost-West-Richtung. Die Trakte sind systematisch über das gesamte Bundesgebiet verteilt.

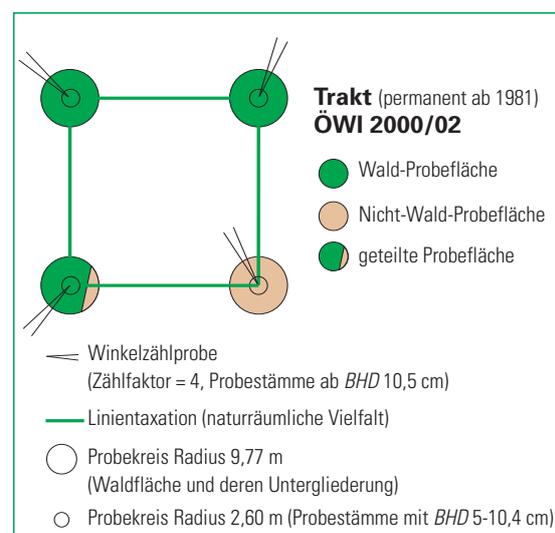


Abbildung 1: Der Trakt

Von jeder Probefläche eines Traktes wird zunächst mittels Landkarten festgestellt, ob sie zur Gänze oder zum Teil innerhalb oder außerhalb des Staatsgebietes von Österreich liegt. Probeflächen, die „außerhalb“ liegen werden nicht beprobt; ihr Flächenanteil wird aber bei der Auswertung der Flächendaten „anteilmäßig“ berücksichtigt.

Den innerhalb des Staatsgebietes liegenden Probeflächen wird dann die zugehörige Bezirksforstinspektion (BFI) zugeordnet, wobei Katasterdaten verwendet werden. Verläuft eine BFI-Grenze durch eine Probefläche, dann wird diese flächenmäßig in Zehntelanteilen zwischen den BFI's aufgeteilt.

Erst dann wird die Kulturgattung ermittelt. Im Rahmen der ÖWI wird bislang nur zwischen „Wald“ und „Nicht-Wald“ unterschieden. Verläuft eine Waldgrenze durch eine Probefläche, dann wird diese Probefläche wiederum in Zehntelanteilen zwischen Wald und Nicht-Wald aufgeteilt.

Die Waldflächen bzw. Waldflächenanteile, die größer als ein Zehntel der Probefläche sind, müssen weiters aufgeteilt werden, wenn durch die Probefläche eine Eigentums-grenze (Eigentumsart) verläuft oder unterschiedliche Bewirtschaftungsformen (Betriebsarten) vorliegen. Die jeweiligen Flächenanteile werden in Zehntelanteilen des Probekreises angegeben.

Dies gilt auch bei Vorliegen anderer Teilungsgründe, die ebenfalls nur auf Waldflächen zur Anwendung kommen. Diese können sowohl auf Grund **standörtlicher** als auch **bestandesmäßiger** Kriterien gegeben sein. Standortsunterschiede bezüglich Hangneigung, Neigungsrichtung, Relief, Vegetationstyp und Bodengruppe bilden jeweils für sich einen Teilungsgrund. Ebenso bilden die Unterschiede im Bestand hinsichtlich Wuchsklasse, Altersklasse, Aufbau, Baumart, Baumart in der Altersklasse, Schlussgrad, Strauchfläche sowie Wildäsung jeweils für sich einen Teilungsgrund.

Schließlich gibt es noch einen Spezialfall der „Flächenteilung“ bzw. des Anlegens einer neuen zusätzlichen Teilfläche; nämlich die sogenannte „Nullteilung“; die jedoch den Flächenanteil Null erhält, da sie außerhalb des 300-Quadratmeter-Kreises liegt. Beispiele für die Nullteilung werden weiter unten angegeben. Die Ursache, dass es zu einer Nullteilung kommen kann, ist darauf zurückzuführen, dass bei der Inventur unterschiedliche Stichproben-Erhebungsverfahren zugleich am selben Ort (auf der Probefläche) angewendet werden.

Sämtliche Flächenteilungen werden in einem eigenen Trakt- und Probeflächenskizzenblatt eingezeichnet.

Im Traktbereich werden diverse Stichproben erhoben, wobei 3 unterschiedliche Methoden angewandt werden:

- a) Probefläche: Fester Probekreis (300 Quadratmeter-Kreis mit einem Radius von 9,77 Metern) zur Ermittlung der Waldflächen und ihrer Gliederungen
- b) Winkelzählprobe nach Bitterlich mit Zählfaktor 4 und Kluppschwelle > 104 Millimeter.
- c) Linien- und Längenerhebung

Zu a) Auf der Probefläche werden vorwiegend Bestandes- und Standortmerkmale, sowie die Eigentums- und Betriebsart erhoben. Zusätzlich zur konventionellen Bestandesbeschreibung wird seit 1992 eine spezielle Verjüngungserhebung durchgeführt. Ebenso neu im Rahmen der ÖWI ist die Erfassung der Totholzausstattung des Waldes. Weiters wird seit 1981 auf dem 300-Quadratmeter-Kreis ein

weiterer konzentrischer Kreis mit einem Radius von 2,60 Meter eingerichtet. In diesem werden alle Probestämme mit einem Brusthöhendurchmesser (*BHD*) von 50 Millimeter bis einschließlich 104 Millimeter erhoben. Es sei daran erinnert, dass im Rahmen der Österreichischen Forstinventur (ÖFI) von 1961 bis 1980, abgesehen vom Ausschlagwald, die Kluppschwelle bei 105 Millimeter lag und ausschließlich die Winkelzählprobe angewandt wurde. Da durch die Winkelzählprobe vorwiegend stärkere Baumstämme ausgewählt werden, erfasst man die schwächeren Dimensionen auf einem starren Probekreis. Auch aus Gründen der Vergleichbarkeit sämtlicher bisheriger Inventurperioden wurde für den *BHD*-Bereich zwischen 50 und 104 Millimeter ein starrer Probekreis gewählt.

- Zu b) Die Auswahl der Probestämme mit *BHD* >104 Millimeter erfolgt wie seit 1961 mittels Winkelzählprobe durch das Relaskop. An den zu erhebenden Probestamm-Merkmalen hat sich seit damals im wesentlichen nicht viel geändert. Die Formeln der ÖFI 1961/70 zur Volumsberechnung werden - aus Gründen der Kontinuität und Vergleichbarkeit - heute noch verwendet. Da aber seit 1981 auf den Dauer-Probeflächen periodische Erhebungen durchgeführt werden, können die Veränderungen (einschließlich Nutzung) wesentlich leichter festgestellt werden.

Der Aufstellungsort für das Relaskop ist der Mittelpunkt des 300-Quadratmeter-Kreises der Probefläche. Der Radius dieses Kreises ist 9,77 Meter. Ein Baum mit einem *BHD* von 580 Millimeter, der 14 Meter vom Probeflächen-Mittelpunkt entfernt ist (ebenes Gelände), wird durch die Methode der Winkelzählprobe mit Zählerfaktor 4 als Probestamm ausgewählt. Liegt die Probefläche nahe am Waldrand oder in einem Jungwuchs, dann besteht die Möglichkeit, dass die Probefläche zu 100 Prozent Jungwald oder gar zu 100 Prozent Nicht-Wald ist, aber Probestämme eines benachbarten Bestandes durch die Winkelzählprobe ausgewählt werden. Solche Fälle treten tatsächlich in der Praxis auf und werden besonders berücksichtigt (sogenannte „Nullteilung“, siehe oben). Solche Probestämme auf „Nullflächen“ werden datenmäßig vollständig erhoben und gemessen; die ihnen zugeordnete Teilfläche hat aber den Waldflächenanteil Null. Es wird aber die „Umgebung“ solcher Probestämme ermittelt, indem eine Teilerhebung (zugehörige Bezirksforstinspektion, Eigentums- und Betriebsart, nur einige wenige Bestandes- und Standortmerkmale) vorgenommen wird.

- Zu c) Linienenerhebungen haben im Rahmen der Inventur seit 1961 eine gewisse Tradition. Diese werden auf den Seitenlinien des Quadrates, das heißt im „Traktumfang“ durchgeführt. Es werden dabei die Längen unterscheidbarer Abschnitte auf den Seitenlinien gemessen. Im Rahmen der ÖFI 1961/70 wurde eine Linienenerhebung zur Erfassung der Blößen und Jugenden; in der ÖWI 2000/02 wurde eine Linienenerhebung zur naturräumlichen Vielfalt durchgeführt. Diese Erhebung von Bestandesänderungen sowie unterschiedlicher Lebensräume ist wesentlich umfassender als die seinerzeitige der ÖFI 1961/70.

Ein weiterer aber anderer Aspekt der Linienenerhebung ist das Abzählen von Schnittpunkten zwischen der Traktumfangsline und sie überquerenden Straßen, Rückwegen usw. für Bringungszwecke („Weginventur“), sowie die Ermittlung deren Längen zwecks Abschätzung des Bringungsaufwandes. Dadurch konnte man Angaben über die Erschließung des Waldes machen.