

# Möglichkeiten und Grenzen der Auswertbarkeit der BWI<sub>3</sub> in Bayern

Inventurdesign begrenzt Größe der Auswertungseinheiten

Hans-Joachim Klemmt und Michael Neubert

**Die Bundeswaldinventur ist ein Inventurverfahren, das die Waldverhältnisse in sehr großen Räumen beschreibt. Immer wieder aber wird der Wunsch laut, die BWI-Daten auch für kleinere Raumeinheiten auszuwerten. Allerdings sollten für statistisch sichere Auswertungen in Abhängigkeit vom jeweiligen Zielparame- ter bestimmte Flächengrößen nicht unterschritten werden.**

»Die Bundeswaldinventur erfasst die großräumigen Waldverhältnisse und forstlichen Produktionsmöglichkeiten in Deutschland in allen Ländern und Eigentumsarten nach dem gleichen Verfahren« (vTI 2008). Gemäß gesetzlicher Grundlage aus dem Bundeswaldgesetz (§ 41a BWaldG) führen die jeweiligen Bundesländer die Messarbeiten in den Wäldern eigenverantwortlich durch. In Bayern sind aktuell 20 speziell geschulte Mitarbeiter der Bayerischen Forstverwaltung bis Ende 2012 mit den Inventurarbeiten befasst. Die Ergebnisse haben eine große Bedeutung für die gesamte Forst- und Holzwirtschaft in Deutschland und Bayern. Im Zusammenhang mit den erwarteten Ergebnissen wird häufig die Frage gestellt, wie genau diese Inventur auf verschiedenen Ebenen Aussagen treffen kann. Dieser Artikel soll dazu beitragen, die Möglichkeiten und Grenzen der Bundeswaldinventur für Waldbesitzer verschiedener Größenordnungen in Bayern aufzuzeigen.

## Kurzbeschreibung des Verfahrens

Inventurtheoretisch handelt es sich bei der Bundeswaldinventur (BWI<sub>3</sub>) um eine systematische, einstufige Klumpenstichprobe mit regional unterschiedlicher Stichprobendichte. In Bayern werden im Rahmen der BWI<sub>3</sub> an circa 7.800 Stichprobenpunkten Messarbeiten durchgeführt (Abbildung 1). Die Stichprobenpunkte sind in den Regierungsbezirken Mittelfranken und Schwaben in einem Abstand von 2,83\*2,83 Kilometern angeordnet, in den übrigen Regierungsbezirken liegen die Stichprobenpunkte in einem 4\*4 km Raster vor. An den Stichprobenpunkten werden Probepflanzen mit Hilfe sogenannter Winkelzählproben ausgewählt beziehungsweise werden diverse Messarbeiten in Probekreisen verschiedener Größenordnung durchgeführt.

Aus den Stichprobendaten werden mittels Hochrechnungen über verschiedene Ebenen Schätzwerte für die Grundgesamtheit ermittelt. Die Stichprobe wird dabei als Zufallsauswahl betrachtet, wobei die systematische Anordnung der Trakte vernachlässigt wird. Als Maß für die Zuverlässigkeit der Schätzwerte werden Varianzen berechnet, aus denen wiederum der sogenannte Stichprobenfehler abgeleitet werden kann. Dieser Stichprobenfehler errechnet sich aus dem Quotienten der Standardabweichung der Stichprobenelemente und der Wurzel aus der Anzahl der Stichprobenelemente. Der

Inventurpunkte der Bundeswaldinventur 3

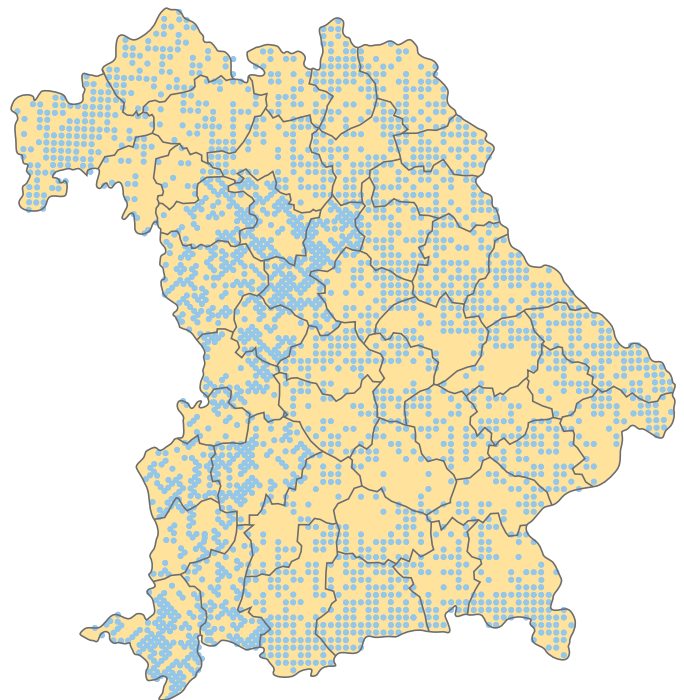


Abbildung 1: Verteilung der Stichprobenpunkte (Waldtrakte) der BWI<sub>3</sub> über Bayern nach AELF-Bereichen. An jedem dargestellten Punkt befinden sich ein bis vier Inventurpunkte (Waldtraktecken).

Stichprobenfehler hängt damit einerseits von der Variabilität eines betrachteten Zielmerkmals und andererseits von der Stichprobengröße ab. Grundsätzlich interessieren bei den Auswertungen zur Bundeswaldinventur besonders folgende Zielmerkmale (BMELV 2011b):

- (1.) Zuwachs je Hektar
- (2.) Vorrat je Hektar
- (3.) Fläche
- (4.) Zuwachs absolut
- (5.) Vorrat absolut
- (6.) Nutzung je Hektar
- (7.) Nutzung absolut
- (8.) Veränderung Vorrat je Hektar
- (9.) Veränderung Vorrat absolut
- (10.) Veränderung Fläche

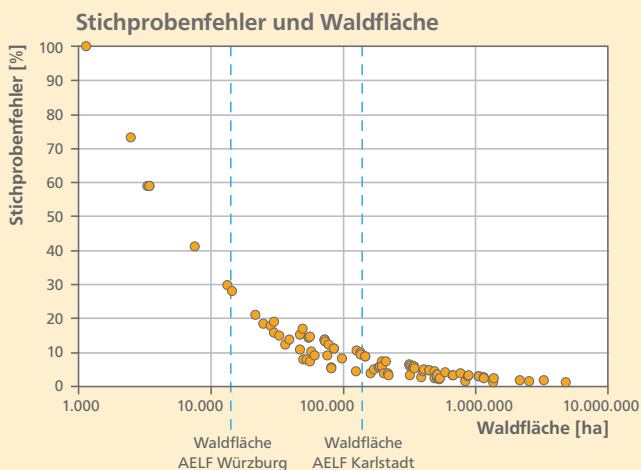


Abbildung 2: Zusammenhang zwischen Stichprobenfehler und dem Zielmerkmal Waldfläche. Zusätzlich eingezeichnet sind die Waldflächen der AELFs Karlstadt und Würzburg (nicht maßstabsgerecht).

Da diese Zielmerkmale von Haus aus eine unterschiedliche Variabilität aufweisen, unterscheiden sich auch deren Stichprobenfehler, auch bei der Betrachtung der gleichen Auswertungseinheiten. Bei gleicher Größe der Auswertungseinheiten steigt der Stichprobenfehler von Zielmerkmal 1 bis 10.

Bei der Bundeswaldinventur wird im Regelfall der einfache Stichprobenfehler angewendet. Der wahre Wert der untersuchten Grundgesamtheit liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 68 Prozent (=Vertrauensbereich) innerhalb einer Spanne von  $\pm$  des einfachen Stichprobenfehlers um den mit der Stichprobe ermittelten Schätzwert.

Ein konkretes Beispiel soll diese theoretischen Aussagen noch einmal erläutern: Im Rahmen der Auswertung zur  $BWI_2$  wurde über alle Besitzarten und alle Inventurpunkte in Bayern ein Gesamtvorrat (nur Hauptbestand bzw. Plenterwald) von 396 Kubikmeter Holz pro Hektar ( $m^3/ha$ ) ermittelt, wobei der relative Stichprobenfehler 1,0 Prozent betrug. Das heißt für die  $BWI_2$  konnte mit einer Wahrscheinlichkeit von 68 Prozent ermittelt werden, dass der mittlere Vorrat in Bayerns Wäldern in einem Bereich zwischen 392 und 400  $m^3/ha$  Holz lag.

### Auf welcher Ebene lassen sich sichere Aussagen treffen?

#### a) Landes- und Regierungsbezirksebene

Grundsätzlich liefert die Bundeswaldinventur konzeptionsbedingt sehr genaue Ergebnisse für großräumige Auswertungseinheiten. Der Stichprobenumfang hat dabei maßgeblichen Einfluss auf die Genauigkeit der Ergebnisse. Die Genauigkeit der Ergebnisse wird durch den Stichprobenfehler angegeben. Abbildung 2 zeigt am Beispiel der Waldflächenermittlung die

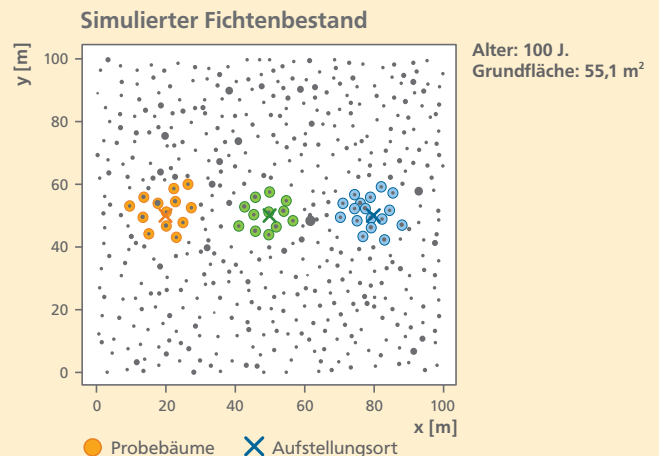


Abbildung 3: Simulierter Fichtenreinbestand mit  $55,1 m^2/ha$  Grundfläche. Farblich unterschiedlich dargestellt sind drei Aufstellungen und die von dort ausgewählten Probabäume mit einer Winkelzählprobe mit Zählfaktor 4.

Abhängigkeit des relativen Stichprobenfehlers von der betrachteten Waldfläche. Danach beträgt der einfache, relative Stichprobenfehler für die gesamte Waldfläche der Bundesrepublik Deutschland etwa 0,7 Prozent, für eine betrachtete Waldfläche von einer Million Hektar circa drei Prozent und für eine betrachtete Waldfläche von 100.000 Hektar circa zehn Prozent (Polley et al. 2004). Grundsätzlich sind daher sowohl auf Landesebene als auch auf Regierungsbezirksebene sehr genaue Ergebnisse – auch bei weitergehender Differenzierung zum Beispiel nach Waldbesitzarten – zu erwarten. Auch eine statistisch gesicherte Quantifizierung der Veränderungen der wesentlichen Zielmerkmale ist auf Landesebene und Regierungsbezirksebene im Regelfall möglich.

#### b) Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

Grundsätzlich sinkt die Anzahl der verfügbaren Stichprobenelemente bei einer weitergehenden räumlichen oder sachlichen Differenzierung zum Beispiel bei einer Betrachtung der Vorratsverhältnisse in verschiedenen Waldregionen nach Waldbesitzarten. Von Seiten der Forstpraxis wird bereits heute nachgefragt, ob gesicherte Aussagen für einzelne Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (ÄELF) möglich sein werden. In Abbildung 2 sind hierzu die Waldflächen des waldfächenreichsten ÄELF Karlstadt mit 402  $BWI_3$ -Inventurpunkten und des sehr waldfächenarmen ÄELF Würzburg mit 52 Inventurpunkten eingetragen. Aus dieser Darstellung wird in Verbindung mit den vorhergehenden Aussagen deutlich, dass zwar für einzelne Zielmerkmale der größeren ÄELF statistisch gesicherte Aussagen möglich sein werden, dass aber im Regelfall die Stichprobengröße für die meisten ÄELF-Bereiche in Bayern keine gesicherten Aussagen für die wesentlichen Zielmerkmale der  $BWI_3$  ermöglichen werden. Da aber der Stichprobenfehler als Maß für die Güte der Inventurergebnisse

se nicht nur von der Stichprobengröße, sondern auch von der Variabilität der betrachteten Zielgröße abhängt, prüft derzeit die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), ob eine geeignete Stratifizierung der Stichprobenpunkte, zum Beispiel nach gleichartigen Wuchsbedingungen, die Variabilität des Zielmerkmals in der Stichprobe reduziert, so dass gegebenenfalls durch die Zusammenfassung von Inventurpunkten angrenzender Amtsbereiche mit gleichartigen Wuchsbedingungen fundierte Aussagen für einzelne Amtsbereiche möglich werden. Über diese Ergebnisse wird gesondert berichtet.

### c) Waldbesitzer

Die Bundeswaldinventur ist nicht konzipiert als Inventur auf Bestandesebene. Die Aufnahmetrupps im Gelände werden allerdings gelegentlich mit Fragen konfrontiert, wie die Ergebnisse der Auswertungen eines Inventurpunktes mit den konkreten Waldverhältnissen des zugrunde liegenden Waldbestandes zusammenpassen. Ein Beispiel soll dies erläutern: Abbildung 3 zeigt einen ein Hektar großen Fichtenreinbestand mit einer Stammzahl von 509 Fichten und einem Mitteldurchmesser von 38,6 Zentimetern beziehungsweise einer mittleren Höhe von 33,3 Metern. Die Ausgangsdaten entsprechen in etwa den Werten nach der Ertragstafel von Assmann/Franz (1963) (Fichte, Oberhöhenbonität 36, Mittleres Ertragsniveau). Die Stammverteilung sowie die Einzelbaumdaten wurden generiert mit BWinPro 7.0 (TreeGroSS 2011). Der betrachtete Bestand besitzt eine Grundfläche von 55,1 m<sup>2</sup>/ha und hat einen Vorrat von 880 m<sup>3</sup> Holz. Betrachtet werden soll exemplarisch das Zielmerkmal *Grundfläche*, welches in der forstlichen Praxis als Maß für die Dichte von Beständen Anwendung findet. Die drei Kreuze simulieren die Mittelpunkte von BWI<sub>3</sub>-Inventurpunkten, die jeweils um 30 Meter von West nach Ost versetzt in diesem Bestand liegen. Die farbigen Markierungen um die Stammpositionen markieren die Probestämme, die bei Anwendung der Winkelzählprobe mit Zählfaktor 4 für die Stichprobe ausgewählt worden wären. Demnach variiert bereits in diesem vergleichsweise homogenen Bestand die Anzahl der Probestämme zwischen 12 und 17 bzw. die dadurch repräsentierte Grundfläche zwischen 48 und 68 m<sup>2</sup>/ha. Dieses kleine Beispiel zeigt, dass es selbst bei vergleichsweise homogenen Bestandesverhältnissen nicht möglich ist, aus den hochgerechneten Werten auf Inventurpunktebene Rückschlüsse auf die Bestandesverhältnisse im konkreten Bestand zu ziehen. Um auf Bestandesebene mit diesem Verfahren gesicherte Aussagen treffen zu können, wären in Abhängigkeit von den gewählten Sicherungsgrenzen sowie der gewählten Irrtumswahrscheinlichkeit etwa zehn bis 18 Inventurpunktaufnahmen nach dem Verfahren der BWI notwendig (Kramer und Akca 1995).

## Resümee

Die Bundeswaldinventur ist konzipiert als Inventur, die genaue Aussagen für großflächige Auswertungseinheiten ermöglicht. Für Bayern sind auf Landesebene sowie auf Regierungsbezirksebene auch bei weitergehender Stratifizierung, zum Beispiel nach Waldbesitzarten, sehr genaue Ergebnisse zu erwarten. Auf Ebene der Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten werden nur in Einzelfällen für einzelne Zielparame-ter statistisch gesicherte Aussagen möglich sein. Aktuell prüft die LWF weitergehende Stratifizierungsmöglichkeiten, um den Ämtern einen maximalen Informationsgewinn der aufwendigen Felddaufnahmen zu ermöglichen. Für den einzelnen Waldbesitzer, in dessen Waldungen Inventurpunkte fallen, sind mit dem angewendeten Verfahren keine Aussagen auf Bestandesebene möglich.

## Literatur

Assmann, E.; Franz, F. (1963): *Vorläufige Fichten-Ertragstafel für Bayern. In: Hilfstafeln für die Forsteinrichtung – zusammengestellt für den Gebrauch in der Bayerischen Staatsforstverwaltung*. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.), 334 S.

BayStMELF (2010): *Bayerischer Agrarbericht 2010 – Kurzfassung*. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.), 95 S.

BMELV (2011a): *Aufnahmeanweisung für die dritte Bundeswaldinventur – BWI3*. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. 2. Auflage, Mai 2011, Bonn und Berlin, 111 S.

BMELV (2011b): *Stichprobenfehler*. Internetangebot des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz zur BWI2; <http://www.bundeswaldinventur.de/enid/6a1816914efc458d9cd1ed544f54d686,0/67.html>, abgerufen am 29.08.2011

Kramer, H; Akca, A. (1995): *Leitfaden zur Waldmesslehre*. J.D. Sauerländer's Verlag – Frankfurt am Main, 3. Auflage. 266 S.

Polley, H.; Hennig, P.; Schwitzgebel, F. (2004): *Ergebnisse und Methoden der zweiten Bundeswaldinventur – Holzvorrat, Holzzuwachs, Holznutzung*. Vortrag an der Universität Göttingen vom 16.04.2004, Folienunterlagen, 15 S.

TreeGroSS (2011): *Forest Simulation BWinPro 7.0 (Beta 0.8 Version)*. <http://www.treegross.sourceforge.net>. © Prof. Dr. Jürgen Nagel, Forest Research Station of Lower Saxony, Grätzelstr. 2, 37079 Göttingen

vTI (2008): *Die zweite Bundeswaldinventur – BWI2. Inventur- und Auswertungsmethoden*. Arbeitsbericht des Johann-Heinrich-von-Thünen-Instituts Eberswalde. 85 S.

---

Dr. Hans-Joachim Klemmt ist Landesinventurleiter für die BWI<sub>3</sub> in Bayern, Michael Neubert ist Mitarbeiter des BWI<sub>3</sub>-Teams an der Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft.  
[Hans-Joachim.Klemmt@lwf.bayern.de](mailto:Hans-Joachim.Klemmt@lwf.bayern.de)

---

Die Grundlage für Abbildung 2 wurde dankenswerterweise bereitgestellt durch das Johann-Heinrich-von-Thünen-Institut, Abt. Waldökologie und Waldinventur in Eberswalde (Frank Schwitzgebel).