

## Inventur, Datenqualität und Entscheidungskonsequenzen:

# Weiterentwicklung der Konzeption von Waldinventuren

Von Thomas Knoke, Freising

*Prof. Dr. ECKHARD KENNEL hat sich in seiner Zeit als Leiter des Fachgebietes für Waldinventur und Forstbetriebsplanung an der Technischen Universität München intensiv mit der Konzeption von Waldinventuren befasst. Seine Arbeiten waren z.B. auf das Monitoring von Schalenwildverbiss [1, 2], auf eine nachhaltige Landnutzung [3], auf die Erfassung der Vitalität von Waldbäumen [4], auf großräumige Veränderungen des Waldzustandes [5], auf die Messung von Totholzvorräten [6] sowie auf betriebliche Aspekte [7] ausgerichtet. Die folgenden Beiträge zum Thema Waldinventur sind Prof. KENNEL anlässlich seines 70. Geburtstages\*) gewidmet.*

Waldinventuren sind unverzichtbar, denn sie liefern Informationen, die zur nachhaltigen Steuerung von Forstbetrieben notwendig sind. In Mitteleuropa steht dabei bisher weniger die betriebliche Optimierung im Mittelpunkt der Betrachtung, sondern vielmehr der Nachweis einer nachhaltigen Waldwirtschaft und die Abschätzung von Nutzungspotenzialen. In Deutschland wurde bisher nur wenig nachgedacht, welche Zusammenhänge bestehen zwischen der Qualität der erhobenen Informationen und der Vorteilhaftigkeit der Entscheidungen, die sich auf diese Informationen stützen. So wird bei Inventurkonzepten und bei der Festlegung von tolerierbaren Fehlergrenzen allenfalls intuitiv berücksichtigt, welche Konsequenzen z.B. ein zu hoher bzw. zu niedriger Holzeinschlag oder unangemessene Baumartenwahl haben könnten, die aufgrund einer vagen Informationslage

getroffen werden. Ebenso wird kaum eruiert, ob und wie ein Mehr an Informationen etwaige Entscheidungen verbessern kann. In der internationalen Literatur gibt es jedoch schon seit langem Vorschläge, wie man die Zusammenhänge zwischen der Qualität von Inventurinformationen und Entscheidungen zumindest ansatzweise berücksichtigen könnte [8]. Derzeit werden diese Ansätze insbesondere in Skandinavien mit großem Nachdruck weiterentwickelt. Im Folgenden sollen die Grundgedanken einiger solcher bisher diskutierten Konzepte skizziert werden.

### Unsicherheit in der Forstwirtschaft

Daten aus Waldinventuren sind regelmäßig mit Unsicherheiten behaftet, wobei Ungewissheit ohnehin prägend ist für die gesamte Waldwirtschaft. Die allermeisten Entscheidungen müssen unter Unsicherheit getroffen werden – natürlich auch solche, die sich auf Inventurdaten stützen. In einigen Fällen lässt sich jedoch die Unsicherheit auch durch eine umfassendere Informationserfassung nicht wirklich vermindern. So bietet die Kenntnis der zurückliegenden Holzpreise – und sei sie auch noch so gut – keinen verlässlichen Maßstab zur Schätzung der kommenden Holzpreise. Auch verstehen wir die ökologischen Zusammenhänge noch zu wenig, um abschätzen zu können, wie sich unsere Baumarten in verschiedenen Kombinationen und auf verschiedenen Standorten

unter einem sich ändernden Klima verhalten werden. Diese Art der Unsicherheit kann man mit einem Begriff aus der Erkenntnistheorie als „epistemisch“ bezeichnen [9]. „Epistemische“ Unsicherheit lässt sich nicht allein durch intensive Inventurerhebungen bzw. das Sammeln vergangenheitsbezogener Daten mildern. Unser heutiges Verständnis der Zusammenhänge reicht auch bei hoher Informationsdichte nicht aus, um diese Art der Unsicherheit wesentlich zu vermindern.

### Konsequenzen unterschiedlicher Datenqualitäten

Zwar sind auch die Standardinformationen aus der Waldinventur (z.B. Höhe des Holzvorrates, Baumarten- und Stärkeklassenstruktur, ...) regelmäßig mit mehr oder weniger großer Unsicherheit (Stichprobenfehler, Messfehler, Verzerrungen durch unsachgemäße Auswahl der Stichprobenflächen) verknüpft. Für viele solcher Inventurgrößen besteht – im Gegensatz zu den epistemischen Unsicherheiten – jedoch die Möglichkeit, durch ein verbessertes Inventurdesign und v.a. durch genauere Messungen die Unsicherheit zu vermindern. Wie viele Messungen und wie viele Informationen sind aber genug? Oder andersherum betrachtet, wie hoch sind die Kosten von Rationalisierungsbestrebungen, die in einer Ausdünnung der Stichprobenpunkte oder in kostengünstige Fernerkundungsmethoden münden, wenn diese zu schlechteren Entscheidungen führen? Vor allem in Finnland wird dieser Frage nachgegangen. Dazu wird untersucht, welche Konsequenzen Art und Tiefe der Informationserfassung im Rahmen von Waldinventuren mit Blick auf zu treffende Entscheidungen nach sich ziehen.

### „Kosten-plus-Verlust-Analyse“

In einem Sonderheft des „European Journal of Forest Research“ (Thema „LIFO, Linking Inventory and Forest Optimization“) wird in einer Reihe von Beiträgen

\*) Am 29.10.2010 findet in Freising, Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2, ein Festkolloquium mit dem Thema „Wem nutzt die Waldinventur?“ statt.

Prof. Dr. T. Knoke leitet seit Oktober 2005 das Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung der Technischen Universität München (TUM). Das Fachgebiet ist Teil des Zentrums Wald-Forst-Holz in Freising.



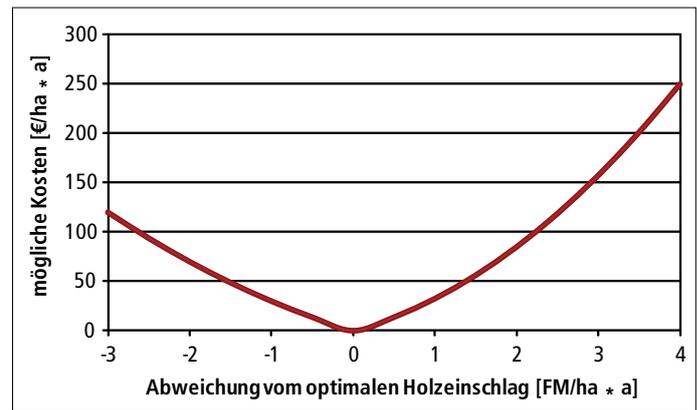
Thomas Knoke  
knoke@forst.wzw.tum.de

[z.B. 10, 11, 12, 13] der Stand der Forschung zur Ableitung der Entscheidungskonsequenzen bei unterschiedlich guten Inventurinformationen dargestellt. Einen Ausgangspunkt der Betrachtungen bilden so genannte „Kosten-plus-Verlust-Analysen“ (Cost-plus-loss analyses) [10]. Hierbei werden die Gesamtkosten einer Inventur, die in zwei verschiedene Kostengruppen aufgeteilt werden, minimiert. Die erste Gruppe bilden im Rahmen dieser Art von Analyse jene Kosten, die direkt mit der Informationserhebung verbunden sind, die Informationskosten. Dies können beispielsweise die Erhebungskosten einer Stichprobeninventur sein, die mit jedem neu hinzu kommenden Stichprobenpunkt annähernd linear ansteigen. Eine zweite Gruppe bilden die Opportunitätskosten, die durch falsche (suboptimale) Entscheidungen aufgrund von fehlenden, unvollständigen oder unsicheren Informationen verursacht werden.

Die Ableitung der Opportunitätskosten suboptimaler Entscheidungen, die aus fehlerhaften Daten resultieren, ist jedoch nicht besonders einfach. Bezogen auf Inventuren in Deutschland könnte man sich aber vorstellen, dass beispielsweise eine Unterschätzung des Vorrates und/oder des Zuwachses zu einem zu geringen Holzeinschlag führen könnte. Es liegt auf der Hand, dass ein zu geringer Holzeinschlag, ähnlich einem teilweisen Einschlagsverzicht, einen Forstbetrieb Geld kosten würde: Durch den im Hinblick auf die Nachhaltigkeit nicht gerechtfertigten Nutzungsverzicht entgehen dem Forstbetrieb mögliche Überschüsse, wodurch Kosten entstehen. Eine ähnliche Situation entsteht durch Überschätzung von Holzvorrat bzw. Nutzungsmöglichkeiten, wodurch die Holzeinschläge über ein nachhaltiges Maß angehoben würden. Damit könnte ein Produktivitätsverlust einhergehen, der dem Forstbetrieb langfristig Ertragspotenzial kostet. Sowohl durch Über- als auch durch Unterschätzung betrieblicher Nutzungsmöglichkeiten entstehen somit Kosten (Abb. 1).

Sind diese Kosten für bestimmte Abweichungen vom betrieblichen „Soll-Wert“ einmal geschätzt, muss kalkuliert werden, mit welcher Wahrscheinlichkeit es bei unterschiedlichem Inventurdesign (terrestrisch oder als Fernerkundungsinventur) und variierender Stichprobendichte zu einer bestimmten Unter- oder Überschätzung der interessierenden Größen kommt. Die Eintrittswahrscheinlichkeiten bestimmter Fehleinschätzungen können dann mit den entsprechenden Kosten einer mehr oder weniger krassen Fehlentscheidung multipliziert und schließlich

**Abb. 1:**  
Mögliche betriebliche Kosten bei einer Abweichung vom „optimalen“ (nachhaltigen) Nutzungsansatz



aufsummiert werden, sodass sich mittlere Opportunitätskosten bei unsicheren Inventurinformationen für ein bestimmtes Inventurdesign ableiten lassen (ein Beispiel findet sich bei HAHN, S. 13).

### Direkte Informationsbewertung

Neuere Ideen gehen aber sogar noch einen Schritt weiter als die „Kosten-plus-Verlust“ Analysen, indem eine direkte (finanzielle) Bewertung der Informationen angestrebt wird. Dabei kann man beispielsweise auf entscheidungstheoretische Ansätze zurückgreifen [10], um bestimmten Informationen einen finanziellen Wert zuzuordnen. Dadurch wäre eine bessere Setzung von Prioritäten im Rahmen der Waldinventur möglich. So kalkulieren beispielsweise KOTAMAA et al. [11], inwieweit sich Informationen zur Holzsortierung mithilfe einer Kombination aus terrestrischen Erhebungen, Laserscanning-Daten und Luftbildern verbessern lassen. Eine verbesserte Sortierung hat unmittelbare finanzielle Auswirkungen, sodass sich der „Wert“ dieser Information gut ermitteln lässt. Daneben richten sich einige Studien auch auf den Einfluss fehlerhafter Daten, die beispielsweise aus Erhebungen mit einem von einem Flugzeug getragenen Laserscanner stammen, auf die Verlässlichkeit von Wachstumsprognosen [12]. Fehler der Eingangsdaten, die sich in den Wachstumsprognosen fortpflanzen, können finanzielle Auswirkungen haben, weil ein Bestand zum Beispiel zu früh oder zu spät eingeschlagen wird. Auf diesen Effekt gehen beispielsweise HOLOPAINEN et al. [13] in einer anschaulichen Studie ein. Sie zeigen, dass die Präzision der erhobenen Daten einen erheblichen Einfluss auf die im Rahmen der Holzernte erzielbaren Erlöse (Barwerte der Zahlungen) hat. Darüber hinaus wird deutlich, dass Daten aus von Flugzeugen getragenen Laserscannern zum Teil bessere Informationen liefern als terrestrische Inventuren und dass präzise Daten

über die Durchmesser der Bäume für eine finanzielle Optimierung besonders wichtig sind. Mit ihrer Studie können HOLOPAINEN et al. [13] Prioritäten hinsichtlich der benötigten Informationen sehr gut ableiten.

Die Ansätze zur Verknüpfung von Informationen, deren Erhebungsfehler und -kosten mit den hieraus resultierenden Entscheidungen sind sehr vielversprechend. Sie verdienen eine vertiefende Bearbeitung auch für den mitteleuropäischen Bereich. Eine am Informationsbedarf orientierte Verbesserung der Inventurkonzepte bietet daher eine echte Perspektive zur Weiterentwicklung der Waldinventur – ganz im Sinne von Prof. Dr. ECKHARD KENNEL – als ein unverzichtbares forstwissenschaftliches Fachgebiet.

### Literaturhinweise:

- [1] KENNEL, E. (1989): Folgerungen aus den Ergebnissen der Verbißinventur in Bayern 1988. AFZ, 44. Jg., S. 1100-1101. [2] KENNEL, E. (1999): Wieviel Leittriebverbiß ist tragbar? Versuch einer Wertung von Verbißbefunden im Rahmen von Vegetationsgutachten. In „Rehwild in der Kulturlandschaft“. Schriftenreihe des Landesjagdverbandes Bayern e.V., Band 7, S. 171-182. [3] KENNEL, E. (1990): Vegetation and Land Use Inventory. Change of Forest Vegetation Cover from 1980 to 1988 – interim Report – Gambian-German Forestry Project. Report No. 22, DFS (Hrsg.). [4] KENNEL, E. (1990): Übersicht über neuartige Schäden im Bergwald und zeitliche Entwicklung. Vortrag vor der Kommission für Ökologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Beihefte zum Forstwissenschaftlichen Centralblatt 40. Jg., S. 50-65. [5] FOERSTER, W.; BÖSWALD, K.; KENNEL, E. (1993): Vergleich der Inventurergebnisse von 1971 und 1987. AFZ, 47. Jg., S. 1178-1180. [6] ROTH, A.; KENNEL, E.; KNOKE, T.; MATTHES, U. (2003): Die Linien-Intersekt-Stichprobe: Ein effizientes Verfahren zur Erfassung von Totholz? Forstwissenschaftliches Centralblatt 122. Jg. S. 318-336. [7] FUCHS, A.; KENNEL, E. (1994): Erste Wiederholungsaufnahme einer permanenten Betriebsinventur im Bayerischen Staatswald. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 113. Jg., S. 224-235. [8] COCHRAN, W. C. (1963): Sampling Techniques. Zweite Auflage, Wiley and Sons, New York [u.a.]. [9] BEN-HAIM, Y. (2010): Info-Gap Economics: An Operational Introduction. Palgrave Macmillan. [10] KANGAS, A. S. (2010): Value of forest information. European Journal of Forest Research 129, S. 863-874. [11] KOTAMAA, E.; TOKOLA, T.; MALTAMO, M.; PACKALÉN, P.; KURTTILA, M.; MÄKINEN, A. (2010): Integration of remote sensing-based bioenergy inventory data and optimal bucking for standlevel decision making. European Journal of Forest Research 129, S. 875-886. [12] MÄKINEN, A. M.; HOLOPAINEN, M.; KANGAS, A. S.; RASINMÄKI, J. (2010): Propagating the errors of initial forest variables through stand- and tree-level growth simulators. European Journal of Forest Research 129, S. 887-897. [13] HOLOPAINEN, M.; MÄKINEN, A.; RASINMÄKI, J.; HYYPÄ, J.; HYYPÄ, H.; KAARTINEN, H.; VIITALA, R.; VASTARANTA, M.; KANGAS, A. S. (2010): Effect of tree-level airborne laser-scanning measurement accuracy on the timing and expected value of harvest decisions. European Journal of Forest Research 129, S. 899-907.