

# **Effiziente Totholzinventuren mit Point Transect Sampling: Projektvorstellung, Methodenvergleich und erste Zwischenergebnisse**

**Tim Ritter & Joachim Saborowski**

Büsgen-Institut der Georg-August-Universität Göttingen  
Abteilung Ökoinformatik, Biometrie & Waldwachstum und  
Abteilung Ökosystemmodellierung

## **Abstract**

In managed forests the occurrence of deadwood can be regarded as a stochastically rare event with high variance at a small scale and strong clumping (MEYER 1999). Existing sampling techniques (Fixed Radius Sample Plots, Angle Count Sampling, Line Intersect Sampling) do not regard this fact.

Point Transect Sampling basically suits better, because at a sample point it does not only regard objects of dead wood within a limited sample plot, but (as a matter of principle) all objects which can be seen from that point.

Within the framework of a project funded by the German Research Foundation (DFG), a Point Transect Sampling technique for the estimation of deadwood quantity, which can effectively be integrated into conventional inventories, is to be developed. Based upon a considerable large inventory the new technique is to be compared with existing ones regarding precision and costs.

## **Zusammenfassung**

Im Wirtschaftswald kann das Auftreten von Totholz als statistisch seltenes Ereignis mit hoher kleinräumiger Variation sowie starker Klumpung bezeichnet werden (MEYER 1999). Die bestehenden Stichprobenverfahren (Probekreis, Winkelzählprobe, Line-Intersect-Sampling) berücksichtigen dies nicht.

Point Transect Sampling eignet sich hierfür grundsätzlich wesentlich besser, da es an einem Stichprobenpunkt nicht nur Totholzobjekte innerhalb einer begrenzten Probefläche berücksichtigt, sondern (prinzipiell) alle, die vom Punkt aus sichtbar sind.

Im Rahmen eines durch die Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Projekts wird ein Point Transect Sampling Verfahren für die Erfassung von Totholz mengen entwickelt, das effektiv in konventionelle Inventuren integriert werden kann. Auf Basis einer umfangreichen Stichprobenerhebung soll das neue Verfahren mit den üblichen, konkurrierenden Verfahren bezüglich Präzision und Effizienz verglichen werden.

## **Einleitung**

### **Die Bedeutung von Totholz**

Das Totholzvorkommen wird als wichtiger Indikator für die Naturnähe und Biodiversität von Waldökosystemen angesehen, von den 11.000 heimischen Pilz-, Flechten-, Moos-, Schnecken-, Käfer-, Vogel- und Säugetierarten sind je nach Literaturstellen zwischen 20 % und 50 % auf das Vorhandensein von Totholz angewiesen (SCHABER-SCHOOR 2008).

Auch der Funktion von Totholz als Kohlenstoffsенke wird zunehmend Bedeutung beigemessen, DUNGER et al. (2009) ermittelten für deutsche Wälder einen durchschnittlichen Kohlenstoffvorrat im Totholz von 3,25 t/ha. Neben der mittelfristigen Kohlenstoffbindung im Totholz selbst, stellt Totholz nach KAHL (2008) auch ein

Potential für die Wiederauffüllung des langfristig im Boden gebunden Kohlenstoffs, z.B. nach Störungen, dar.

### **Totholzvorkommen**

In mitteleuropäischen Naturwäldern treten durchschnittliche Totholz mengen von 130-150 m<sup>3</sup>/ha, in der Zerfallsphase bis zu 400 m<sup>3</sup>/ha auf (SCHABER-SCHOOR 2008). Nach den Ergebnissen der zweiten Bundeswaldinventur (BWI<sup>2</sup>) sind in deutschen Wäldern hingegen nur durchschnittlich 11,5 m<sup>3</sup>/ha Totholz vorhanden (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (BMELV) 2005). Angesichts einer kritischen Abnahme der Artenzahl unterhalb von 30-60 m<sup>3</sup>/ha (SCHABER-SCHOOR 2008) haben einige Landesforstbetriebe bereits Konzepte zum Erhalt und zur Förderung von Totholz im Wirtschaftswald entwickelt: So strebt beispielsweise die bayerische Forstverwaltung je nach Bestandestyp und -alter Totholzvorräte von 20-40 m<sup>3</sup>/ha an (NEFT 2006).

### **Projektvorstellung**

Aufgrund eines Mangels an sinnvoll einsetzbaren Stichprobenverfahren wird Totholz bisher nicht oder nur unvollständig in das forstliche Monitoring einbezogen.

Im Rahmen der niedersächsischen Betriebsinventur (BI) wird z.B. nur stehendes und liegendes Totholz mit einem Durchmesser von mehr als 30 cm innerhalb der Probekreise aufgenommen (NIEDERSÄCHSISCHES FORSTPLANUNGSAMT 2001).

Ziel des DFG geförderten Projektes ist die Entwicklung einer PTS-Methode mit praktikabler Aufnahmeanweisung, die effizient in bestehende Inventuren wie z.B. die BI integriert werden kann.

Hierzu sollen unter Einbeziehung von Kovariaten, die die räumliche Variation von Objekt- und Volumendichte erklären können, Entdeckungsfunktionen modelliert werden und die neue Methode mit den bestehenden Methoden hinsichtlich Genauigkeit und Kosten verglichen werden. Neben dem Volumen sollen zusätzliche Variablen wie Baumart oder Zersetzungsgrad erhoben werden, so dass Aussagen über die Kohlenstoffbindung und besonders naturschutzrelevante Totholzobjekte getroffen werden können.

Desweiteren sollen Nebeneffekte wie der Einfluss der Jahreszeit oder unterschiedlicher Beobachter auf die Stichprobenergebnisse untersucht werden.

Die Stichprobenerhebungen finden im niedersächsischen Forstamt Reinhausen, in den Revierförstereien Reinhausen und Sattenhausen statt und orientieren sich am Stichprobenraster der BI.

### **Methoden**

#### **Probekreisverfahren (PKV)**

Das im Rahmen des Projektes angewendete Probekreisverfahren verwendet analog zum Vorgehen der BI einen Probekreis von 13 m Radius.

Innerhalb des Probekreises werden jedoch, im Gegensatz zur BI, alle liegenden Totholzobjekte mit einem Durchmesser von mehr als 7 cm am stärksten Ende und

mindestens 1,3 m Länge sowie stehendes Totholz ab einem BHD von 7 cm aufgenommen.

### Line intersect sampling (LIS)

Das LIS ist eine Methode, die bereits in den 1960er Jahren für die Erfassung liegenden Holzes entwickelt wurde (WARREN & OLSEN 1964, VAN WAGNER 1968). Eine Erfassung stehenden Holzes ist mit dieser Methode nicht möglich.

In den Methodenvergleich einbezogen wird eine Modifikation der Variante nach BÖHL & BRÄNDLI (2007), wie sie im dritten Landesforstinventar der Schweiz (LFI) verwendet wird. Hierbei werden, sternförmig vom Probepunkt ausgehend, drei Intersect-Linien mit jeweils 15 m Länge ausgelegt und alle von diesen geschnittenen Totholzobjekte mit einem Durchmesser von 7 cm oder mehr am Schnittpunkt aufgenommen (im Gegensatz zu Intersect-Längen von jeweils 10 m und einer Kluppschwelle von 12 cm beim LFI).

Für den einzelnen Stichprobenpunkt  $j$  wird das Totholzvolumen  $V_j$  in  $m^3/ha$  geschätzt durch:

$$\hat{V}_j = \frac{\pi^2}{8L_j} \cdot \sum_{i=1}^N \left[ \left( \frac{d_{1i} + d_{2i}}{2} \right)^2 \cdot \frac{1}{\cos(\alpha_i)} \right]$$

wobei  $L_j$  die horizontale Gesamtlänge der drei Intersect-Linien in Metern,  $d_{1i}$  und  $d_{2i}$  die beiden durch Kreuzklappung am Schnittpunkt bestimmten Durchmesser in Zentimetern und  $\alpha_i$  der Neigungswinkel des einzelnen Objektes in Grad ist.

### Winkelzählprobe (WZP)

Die Winkelzählprobe nach BITTERLICH (1984) schätzt die Grundfläche  $G$  des stehenden Holzes in  $m^2/ha$  über die Anzahl der gezählten Objekte  $z$  sowie den Öffnungswinkel  $\alpha$ .

$$\hat{G} = z \cdot \sin^2 \left( \frac{\alpha}{2} \right)$$

Um hieraus auf das Volumen je Flächeneinheit  $V$  zu schließen wird die Grundfläche je Flächeneinheit mit der Höhe  $h_i$  sowie der Formzahl  $FZ_i$  des Einzelbaums  $i$  multipliziert.

$$\hat{V} = \left( \sum_{i=1}^z h_i \cdot FZ_i \right) \cdot \sin^2 \left( \frac{\alpha}{2} \right)$$

Im Rahmen des Projektes wird die WZP aus den mit Point Transect Sampling erhobenen Daten (BHD und Entfernung vom Stichprobenpunkt) für einen Zählerfaktor  $k = \sin^2(\alpha/2) = 1$  ( $\alpha \cong 1,146^\circ$ ) simuliert.

Abwandlungen der WZP für liegendes Totholz wie das Point Relascope Sampling (GOVE et al. 2001) oder das Diameter Relascope Sampling (BEBBER & THOMAS 2003) liefern zwar in Simulationsstudien gute Ergebnisse, ihre Praxistauglichkeit erscheint jedoch fragwürdig, da sie von einer vollständigen Sichtbarkeit der Objekte ausgehen, die in der Tat so nicht gegeben ist. Da liegende Totholzobjekte oftmals von Bäumen, Unterwuchs oder Streu verdeckt sind, kommt es zu einer systematischen Unterschätzung der Vorräte (BEBBER & THOMAS 2003). Um dem entgegenzuwirken schlagen GOVE et al. (2001) einen Aufnahmetrupp mit drei Personen vor, wobei zwei

Personen die Fläche nach evtl. aufzunehmenden Objekten absuchen. Für eine großangelegte Betriebsinventur erscheint dieser Ansatz aufgrund des Personalbedarfs nicht praktikabel.

Point Relascope Sampling leidet zudem noch unter der Tatsache, dass umfassende Studien über geeignete Öffnungswinkel fehlen (JORDAN et al. 2004).

Im Rahmen des Projektes soll Diameter Relascope Sampling aus den mit Point Transect Sampling erhobenen Daten simuliert werden, zum gegenwärtigen Bearbeitungsstand ist dies noch nicht erfolgt.

Sowohl bei der Simulation der WZP als auch des Diameter Relascope Samplings, werden nur diejenigen Bäume berücksichtigt, die vom Stichprobenpunkt aus sichtbar sind. Ein Absuchen der Fläche wie es von GOVE et al. (2001) vorgeschlagen wurde findet nicht statt, so dass es zu der von BEBBER & THOMAS (2003) beschriebenen systematischen Unterschätzung der Vorräte kommt.

### **Point Transect Sampling (PTS)**

PTS ist ein Verfahren des Distance Sampling, das weltweit Anwendung bei der Schätzung von Abundanzen und Dichten biologischer Populationen findet (BUCKLAND et al. 2001 & 2004). Bei diesem Verfahren werden alle von einem Stichprobenpunkt (z.B. einem bestehenden Probekreismittelpunkt einer forstlichen Betriebsinventur) aus sichtbaren Objekte aufgenommen. Auswahlkriterium ist einzig die Sichtbarkeit eines Objektes. PTS eignet sich somit für liegendes und stehendes Totholz gleichermaßen.

Da ein großer Teil der Objekte übersehen wird, besteht eine zentrale Aufgabe in der Modellierung einer distanzabhängigen Entdeckungsfunktion  $g(r)$  mit Entdeckungswahrscheinlichkeit  $g(0)=1$  am Stichprobenpunkt.

Nach Herleitung der Entdeckungsfunktion erfolgt die Schätzung der Objektdichte dann gemäß

$$\widehat{D}_{Obj} = n_{Obj} \cdot (k \cdot \pi \omega^2 \cdot \widehat{P}_\omega)^{-1}$$

wobei  $n_{Obj}$  die Anzahl der entdeckten Objekte,  $k$  die Anzahl der Probepunkte und  $P_\omega$  der Anteil entdeckter Objekte in einem Kreis mit dem Radius  $\omega$  ist.  $P_\omega$  wird hierbei aus dem Verhältnis des Integrals der Entdeckungsfunktion und der Kreisfläche geschätzt:

$$\widehat{P}_\omega = \frac{\int_0^\omega g(r) 2\pi r dr}{\pi \omega^2}$$

Es ergibt sich somit:

$$\widehat{D}_{Obj} = n_{Obj} \cdot \left( k \cdot 2\pi \int_0^\omega r \widehat{g}(r) dr \right)^{-1}$$

Bei einer Totholzinventur ist jedoch weniger die Anzahl der Objekte je Flächeneinheit, als vielmehr deren Volumen von Interesse. Um das Volumen je Flächeneinheit zu bestimmen existieren zwei Konzepte.

Konzept 1:

Durch die Multiplikation der geschätzten Anzahl der Objekte je Flächeneinheit mit einem Schätzer des mittleren Volumens je Objekt  $\widehat{CS}$  ergibt sich das Volumen je Flächeneinheit:

$$\widehat{D}_{Vol} = \widehat{D}_{Obj} \cdot \widehat{CS} = n_{Obj} \cdot \widehat{CS} \cdot \left( k \cdot 2\pi \int_0^{\omega} r \hat{g}(r) dr \right)^{-1}$$

Konzept 2:

Jedes Totholzobjekt wird als Cluster von Volumeneinheiten betrachtet, die Stichprobeneinheit ist also der  $\text{dm}^3$  Totholz und nicht mehr das Totholzobjekt als solches. Die Schätzung des Volumens je Flächeneinheit erfolgt dann analog zur Schätzung der Objektanzahl je Flächeneinheit:

$$\widehat{D}_{Vol} = n_{Vol} \cdot \left( k \cdot 2\pi \int_0^{\omega} r \hat{g}(r) dr \right)^{-1}$$

wobei  $n_{Vol}$  die Anzahl der gesichteten Volumeneinheiten ist.

Bei einer großer Zahl auftretender Objekte (liegendes Totholz mit  $d \geq 7$  cm), erfolgt die Volumenschätzung gemäß Konzept 1 da nicht jedes einzelne Objekt angelaufen und kubiert werden muss. Die Schätzung der mittleren Objektgröße erfolgt hierbei anhand der Probekreisufnahmen.

Bei seltener vorkommenden Objekten (stehendes Totholz mit  $BHD \geq 7$  cm und liegendes Totholz mit  $d \geq 15$  cm) erfolgt die Volumenschätzung gemäß Konzept 2, dies hat den Vorteil, dass unterschiedliche Entdeckungswahrscheinlichkeiten für verschieden große Objekte modelliert werden können.

## Zwischenergebnisse

Die bisher vorliegenden Zwischenergebnisse (Stand: September 2009) umfassen lediglich Volumen- und Varianzschätzungen. Weitere Variablen wie Zersetzungsgrad oder Baumart wurden bisher nicht berücksichtigt. Ebenfalls nicht berücksichtigt wurden Kovariaten, die die räumliche Variation von Objekt- und Volumendichte erklären können, sowie die Zeitstudie, die einen Effizienzvergleich der Verfahren ermöglicht.

## Stehendes Totholz

Die Volumenschätzung erfolgte gemäß Konzept 2. Basierend auf dem minimalen Akaike Information Criterion (AIC) wurde eine negativ exponentielle Entdeckungsfunktion  $g(r) = e^{(-r/\lambda)}$  als am besten geeignet identifiziert.

Für die Schätzung des Volumens je Flächeneinheit ergibt sich somit:

$$\begin{aligned} \widehat{D}_{Vol} &= n_{Vol} \cdot \left( k \cdot 2\pi \int_0^{\omega} r \cdot e^{(-r/\lambda)} dr \right)^{-1} \\ \Rightarrow \widehat{D}_{Vol} &= n_{Vol} \cdot \left( k \cdot 2\pi \cdot \lambda \cdot \left( \lambda - e^{(-\omega/\lambda)} \cdot (\omega + \lambda) \right) \right)^{-1} \end{aligned}$$

PKV und PTS liefern sehr ähnliche Volumenschätzungen (3,27 m<sup>3</sup>/ha bzw. 3,89 m<sup>3</sup>/ha) die WZP hingegen nur einen Wert von 0,20 m<sup>3</sup>/ha. Die Standardfehler der Stichprobenmittelwerte betragen ± 6,74 m<sup>3</sup>/ha beim PKV gegenüber nur ± 0,58 m<sup>3</sup>/ha bei der WZP und ± 0,38 m<sup>3</sup>/ha beim PTS (Abbildung 1).

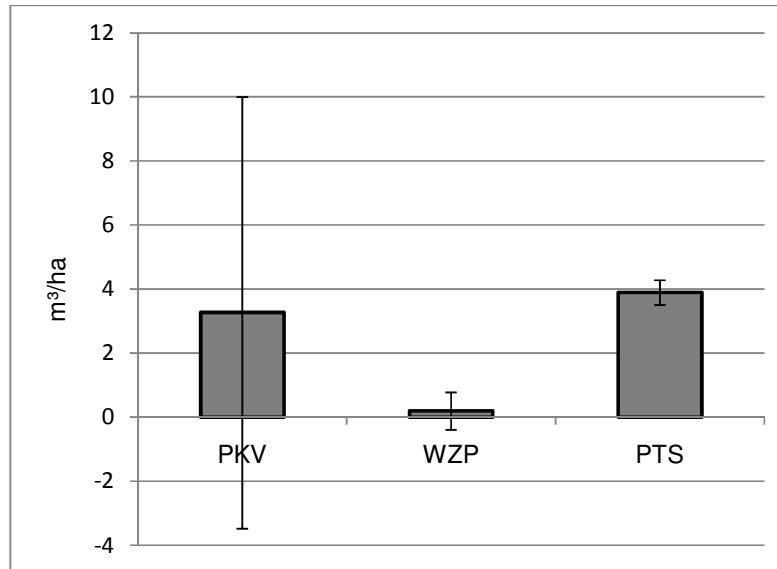


Abbildung 1: Vergleich der verschiedenen Stichprobenverfahren für stehendes Totholz mit BHD ≥ 7cm (Mittelwerte und Standardabweichungen), N=79 Probepunkte

### Liegendes Totholz (d ≥ 15 cm)

Die Volumenschätzung erfolgte gemäß Konzept 2. Basierend auf dem minimalen AIC wurde eine negativ exponentielle Entdeckungsfunktion mit vier cosinen Anpassungstermen  $g(r) = e^{(-r/\lambda)} \cdot \sum_{j=2}^5 a_j \cdot \cos(j\pi r / \omega)$  als am besten geeignet identifiziert.

Für die Schätzung des Volumens je Flächeneinheit ergibt sich somit:

$$\widehat{D}_{Vol} = n_{Vol} \cdot \left( k \cdot 2\pi \int_0^{\omega} r \cdot e^{(-r/\lambda)} \cdot \sum_{j=2}^5 a_j \cdot \cos\left(\frac{j\pi r}{\omega}\right) dr \right)^{-1}$$

LIS und PTS liefern ähnliche Volumenschätzungen (23,5 m<sup>3</sup>/ha bzw. 22,7 m<sup>3</sup>/ha) das PKV hingegen nur eine Schätzung von 14,6 m<sup>3</sup>/ha. Die Standardfehler der Stichprobenmittelwerte betragen ± 51,7 m<sup>3</sup>/ha beim LIS und ± 16,4 m<sup>3</sup>/ha beim PKV gegenüber nur ± 0,28 m<sup>3</sup>/ha beim PTS (Abbildung 2).

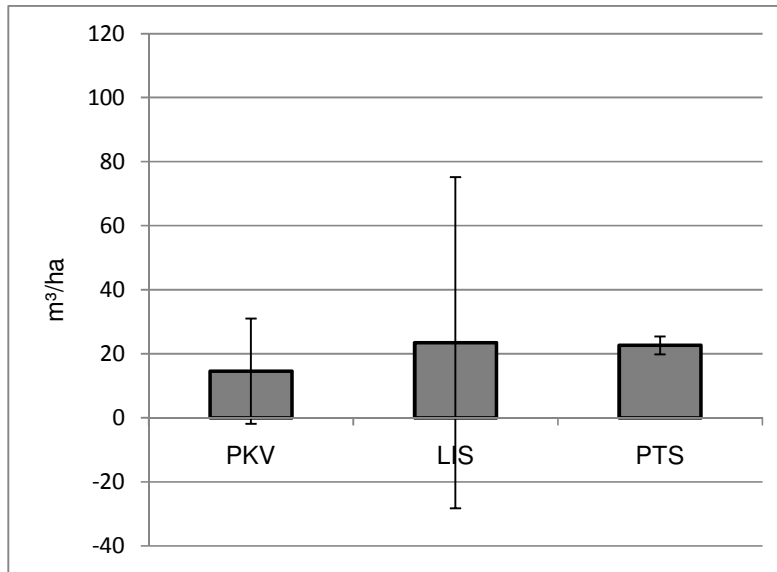


Abbildung 2: Vergleich der verschiedenen Stichprobenverfahren für liegendes Totholz mit  $d \geq 15\text{cm}$  (Mittelwerte und Standardabweichungen),  $N=68$  Probepunkte

### Liegendes Totholz ( $d \geq 7\text{ cm}$ )

Die Volumenschätzung erfolgte gemäß Konzept 1. Basierend auf dem minimalen AIC wurde eine negativ exponentielle Entdeckungsfunktion mit vier cosinen Anpassungstermen  $g(r) = e^{(-r/\lambda)} \cdot \sum_{j=2}^5 a_j \cdot \cos(j\pi r / \omega)$  als am besten geeignet identifiziert.

Die Schätzung der mittleren Objektgröße erfolgte anhand der mit dem Probekreisverfahren erhobenen Daten. Für die Schätzung des Volumens je Flächeneinheit ergibt sich somit:

$$\widehat{D}_{Vol} = \widehat{CS} \cdot n_{Obj} \cdot \left( k \cdot 2\pi \int_0^{\omega} r \cdot e^{(-r/\lambda)} \cdot \sum_{j=2}^5 a_j \cdot \cos\left(\frac{j\pi r}{\omega}\right) dr \right)^{-1}$$

Die Volumenschätzungen betragen  $15,8\text{m}^3/\text{ha}$  (PKV),  $45,3\text{ m}^3/\text{ha}$  (LIS) und  $25,8\text{ m}^3/\text{ha}$  (PTS). Die Standardfehler der Stichprobenmittelwerte betragen  $\pm 15,5\text{ m}^3/\text{ha}$  beim PKV,  $\pm 65,4\text{ m}^3/\text{ha}$  beim LIS und  $\pm 40,2\text{ m}^3/\text{ha}$  beim PTS (Abbildung 3).

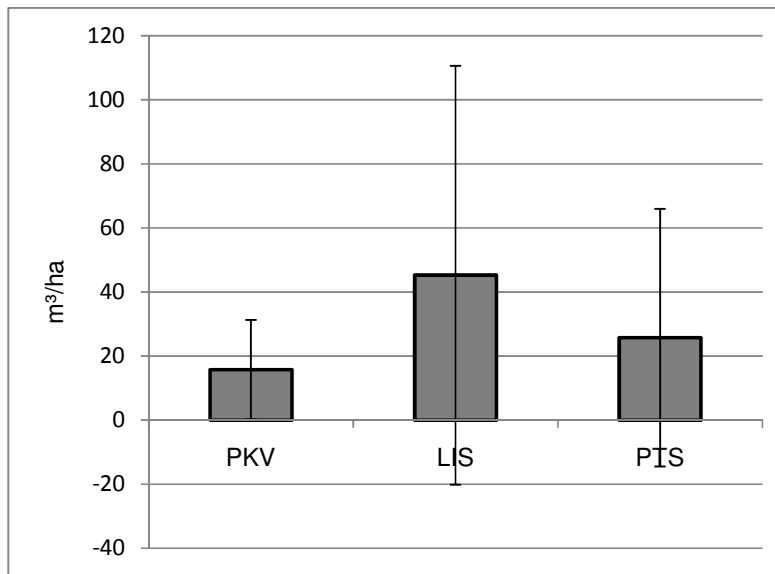


Abbildung 3: Vergleich der verschiedenen Stichprobenverfahren für liegendes Totholz mit  $d \geq 7$  cm (Mittelwerte und Standardabweichungen),  $N=68$  Probepunkte

## Diskussion

Bei der Anwendung der WZP zeigt sich eine deutliche Unterschätzung des Vorrates an stehendem Totholz. Dies könnte auf einen für Totholzaufnahmen nicht geeigneten Zählerfaktor ( $k=1$ ) hindeuten oder darauf zurückzuführen sein, dass ein nicht unerheblicher Anteil der Objekte nicht wahrgenommen wurde, so dass es auch bei stehendem Holz zu der von BEBBER & THOMAS (2003) für liegendes Holz beschriebenen systematischen Unterschätzung des Vorrates kommt. Trotz des geringen Standardfehlers des Stichprobenmittelwertes erscheint das Verfahren daher problematisch, da es durch den Bias zu einer großen erwarteten quadratischen Abweichung vom wahren Wert kommen kann.

Für liegendes Totholz mit  $d \geq 7$  cm ist die Schätzgenauigkeit von PTS bei einer gegebenen Anzahl von Stichprobenpunkten schlechter als die des PKV. Da das PKV für die Schätzung des mittleren Objektvolumens zusätzlich zum PTS erforderlich ist, erscheint PTS für häufig auftretende Objektklassen somit nicht geeignet.

Für selten auftretende Objektklassen (stehendes Totholz und liegendes Totholz mit  $d \geq 15$  cm) liefert das PTS bei einer gegebenen Anzahl von Stichprobenpunkten hingegen wesentlich präzisere Schätzungen als die konkurrierenden Verfahren. Nach dem bisherigen Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass PTS für die Aufnahme dieser Totholzkollektive eine hervorragende Alternative zu den bestehenden Verfahren darstellt.

Für eine abschließende Beurteilung der Eignung von PTS für großräumige Inventuren ist jedoch v.a. eine Auswertung der Arbeitszeitstudie zum Effizienzvergleich notwendig.



## Literatur

- BEBBER, D. & THOMAS, S. (2003): *Prism sweeps for coarse woody debris*. In: Canadian Journal of Forest Research 33, S. 1737-1743
- BITTERLICH, W. (1984): *The Relascope Idea: Relative Measurements in Forestry*. Slough: Commonwealth Agricultural Bureaux
- BÖHL, J. & BRÄNDLI, U.-B. (2007): *Deadwood volume assessment in the third Swiss National Forest Inventory: methods and first results*. In: European Journal of Forest Research 126 Nr. 3, S. 449-457
- BUCKLAND, S., ANDERSON, D., BURNHAM, K., LAAKE, J., BORCHERS, D., THOMAS, L. (2001): *Introduction to Distance Sampling: estimating abundance of biological populations*. Oxford Univ. Press
- BUCKLAND, S., ANDERSON, D., BURNHAM, K., LAAKE, J., BORCHERS, D., THOMAS, L. (2004): *Advanced Distance Sampling: estimating abundance of biological populations*. Oxford Univ. Press
- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (BMELV) (Hrsg.) (2005): *Die zweite Bundeswaldinventur – BWI<sup>2</sup> Das Wichtigste in Kürze*, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Referat Öffentlichkeitsarbeit, Berlin
- DUNGER, K., STÜMER, W., OEHMICHEN, K., RIEDEL, T. & BOLTE, A. (2009): *Ergebnisse einer Kohlenstoffinventur auf Bundeswaldinventur-Basis Der Kohlenstoffspeicher Wald und seine Entwicklung*, In: AFZ-DerWald 20/2009, S.1072-1073
- GOVE, J., DUCEY, M., STÄHL, G., RINGVALL, A. (2001): *Point Relascope Sampling: A New Way to Assess Downed Coarse Woody Debris*. In: Journal of Forestry 99, S. 4-11
- JORDAN, G., DUCEY, M. & GOVE, J. (2004): *Comparing line-intersect, fixed-area, and point relascope sampling for dead and downed coarse woody material in a managed northern hardwood forest*. In: Canadian Journal of Forest Research 34 S. 1766-1775
- KAHL, T. (2008): *Kohlenstofftransport aus dem Totholz in den Boden*, Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften der Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg i. Brsg., Dissertation
- MEYER, P. (1999): *Totholzuntersuchungen in nordwestdeutschen Naturwäldern: Methodik und erste Ergebnisse*. In: Forstwissenschaftliches Centralblatt 118, S. 167-180
- NEFT, R (2006): *Bayrische Staatsforsten stellen Totholz- und Biotopbaumkonzept vor - Biotopbäume und Totholz im bayerischen Staatswald schützen, erhalten und fördern*. In: LWF aktuell 55, S. 28-30

NIEDERSÄCHSISCHES FORSTPLANUNGSAMT (2001, unveröffentlicht): *Anleitung zur Betriebsinventur auf der Basis permanenter, ggf. temporär verdichteter Stichproben im Rahmen der Forsteinrichtung in der Niedersächsischen Landesforstverwaltung*, Niedersächsische Landesforsten, Wolfenbüttel

SCHABER-SCHOOR, G. (2008): *Wieviel Totholz braucht der Wald? - Ergebnisse einer Literaturrecherche als Grundlage für ein Alt-, Totholz- und Habitatbaumkonzept*. In: FVA-einblick 2, S. 5-8

VAN WAGNER, C.E. (1968): *The line intersect method in forest fuel sampling*. Forest Science 14, S. 20-26

WARREN, W.G. & OLSEN, P.F. (1964): *A line intersect technique for assessing logging waste*. Forest Science 10, S.267-276