

Kontrollstichproben im Plenterwald

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

Lubor Dvorak

Dipl. Forsting. Landwirtschaftliche Hochschule Brünn

geboren am 10. September 1965

aus der Tschechischen Republik und Olten SO

Angenommen auf Antrag von:

Prof. Dr. Peter Bachmann, Referent

PD Dr. Daniel Mandallaz, 1. Korreferent

Prof. Dr. Michael Köhl, 2. Korreferent

Zusammenfassung

Die Arbeit untersucht die Anwendung der permanenten Kontrollstichprobe im Plenterwald. Obwohl die Kontrollstichprobe aus einer Inventurmethode für den Plenterwald entstanden ist (aus der Kontrollmethode), gibt es nur wenige Untersuchungen über ihre Anwendung in dieser Betriebsart. Inhalt der Arbeit ist die Suche nach einem optimalen Stichprobendesign für Plenterwälder sowie die Kartierung und Stratifizierung im Plenterwald. Für die beiden zuletzt genannten Punkte wurden zwei Pilotinventuren durchgeführt, die Erfahrungszahlen für Inventuren in plenterartigen Beständen liefern. Die Zahlen, die den Standardfehler in Abhängigkeit von der Probeanzahl darstellen, erleichtern die Planung von Inventuren in plenterartigen Beständen.

Die Waldstruktur der Plenterwälder unterscheidet sich grundlegend von jener in gleichförmigen, schlagweise bewirtschafteten Wäldern, was sich unter anderem auf das optimale Design bei Stichproben auswirkt. Es kommt hinzu, dass an vielen Orten eine Waldbewirtschaftung angestrebt wird, die unter Begriffen wie naturnah, naturgemäss, einzelstammweise Waldbewirtschaftung oder Dauerwald bekannt ist. Diese Bewirtschaftung führt zu Waldstrukturen, die den Plenterwaldstrukturen ähnlich sind. Die Resultate dieser Arbeit sind deshalb auch für solche Wälder interessant.

Die Suche nach einem optimalen Stichprobendesign erfordert eine grosse Menge an Input-Daten, die mit Pilotinventuren nur schwer befriedigt wird. Deshalb weicht man auf Simulationen von Inventuren aus, was auch in dieser Arbeit der Fall ist. Die Simulation der Stichproben erfolgt mit Hilfe des Programms FIESTA. Das Programm verwendet einen halbkünstlichen Wald, der aus Plenterwald-Versuchsflächen zusammengesetzt wurde. Sie liefern alle notwendigen Daten, die für die Ermittlung des optimalen Stichprobendesigns nötig sind. Dank der Kenntnis der wahren Werte können die geschätzten Werte besser analysiert werden.

Es zeigt sich, dass die geschätzten Mittelwerte und Varianzen sich bei systematischen Stichproben anders verhalten als bei zufälligen Stichproben. Durch einen Vergleich zwischen mittlerer geschätzter und empirischer Varianz sowie zwischen dem wahren Wert und dem Vertrauensbereich des geschätzten Mittelwertes lässt sich zeigen, dass die geschätzte Varianz vom Seitenverhältnis im Probenetz abhängt. Bei einem Seitenverhältnis von etwa 1:4 ist die geschätzte Varianz gleich der wahren Varianz. Bei niedrigeren Seitenverhältnissen wird die wahre Varianz durch die geschätzte Varianz immer mehr überschätzt, bei höheren Seitenverhältnissen immer mehr unterschätzt. Aus diesem Grund ist von Seitenverhältnissen grösser als 1:4 abzuraten. Mit steigender Probedichte werden die Über- und Unterschätzungen der Varianz geringer, bleiben in der Tendenz aber erhalten.

Die optimalen Kluppschwellen und Kreisverhältnisse bei konzentrischen Kreisen erweisen sich als stark abhängig von der untersuchten Zielgrösse und der Verteilung der untersuchten Population. Der Gewinn an Effizienz durch konzentrische Kreisproben wird mit Hilfe des Faktors γ ausgedrückt. Bei Zielgrössen wie Vorrat und Grundfläche, die mit dem Durchmesser steigen, sind mehrere konzentrische Kreise in einer Probe effizienter als nur ein Kreis. Es zeigt sich aber auch, dass der Gewinn an Effizienz durch die Verwendung von drei Kreisen statt zwei Kreisen so klein ist, dass er in einem ungünstigen Verhältnis zu den vermehrten Fehlermöglichkeiten steht, die ein zusätzlicher Kreis mit sich bringt. Bei Zielgrössen mit konstanter Funktion wie Stammzahl wird mit zusätzlichen Kreisen kein Effizienzgewinn erzielt. Sofern bei der Optimierung alle gewünschten Zielgrössen und die im Plenterwald hohe Bedeutung der Stammzahlverteilung einbezogen werden, ist die Verwendung von konzentrischen Kreisproben in plenterartigen Beständen in Frage gestellt.

Die im Rahmen der Pilotinventuren durchgeführten Zeitstudien erlauben, den Zeitaufwand für verschiedene Probeflächengrössen und Probetypen zu simulieren. Der Zeitaufwand für eine Probe kann in Funktion der Probeflächengrösse dargestellt werden. Durch die Simulation im Programm FIESTA kann auch die Varianz in Funktion der Probeflächengrösse dargestellt werden. Diese beiden Funktionen ermöglichen, die optimale Probeflächengrösse zu ermitteln. Die

Ergebnisse zeigen, dass sie im Plenterwald nicht weniger als 6 Aren betragen sollte. Grössere Proben wären von Vorteil, schaffen jedoch andere Probleme.

Für eine neue Bestandeskartierung wird im Untersuchungsgebiet Schwarzenegg die Plenterstruktur herangezogen. Der Bestandaufbau wird mit Hilfe einer Plenterziffer charakterisiert, die einzelne Schichten bewertet. Dieses Verfahren eignet sich sowohl zur Dokumentation der Bestandesstruktur als auch für eine Zusammenfassung ähnlicher Bestände zu Auswerteeinheiten oder Straten, wobei die Verhältnisse in der Ober- und Mittelschicht ausschlaggebend sind.

Standortskartierungen erlauben, bei Inventuren ähnliche Standorte zu Standortstraten zusammen zu fassen, die getrennt ausgewertet werden können. Die Kartierungen in den Untersuchungsgebieten unterscheiden sich in der Auflösung: Während bei der feineren Kartierung auch Standorte kleiner als 10 Aren ausgeschieden werden, steht die andere Standortskartierung für das in der Praxis übliche Verfahren. Die vorliegende Arbeit stellt keinen Einfluss der unterschiedlichen Kartierungen auf die Inventurresultate fest. Allerdings konnten die beiden untersuchten Beispiele die Fragen nicht vollständig beantworten.

Eine Poststratifizierung gemäss der Bestandes- oder Standortskartierung verringert die Varianz. Noch bessere Resultate werden mit kombinierten Straten erzielt. Im Vergleich zu gleichförmigen Wäldern ist die Abnahme der Varianz aber sehr klein. In plenterartigen Beständen kann daher mit keiner oder nur mit einer sehr geringen Abnahme der Varianz durch Poststratifizierung gerechnet werden.

Dauernd unbestockte Waldflächen wie Strassen, Lagerplätze oder Felsen können aus Sicht der Inventur als Nicht-Wald angesehen werden. Proben, deren Zentren in diesen Flächen liegen, werden nicht aufgenommen. Damit verringern sich die Probeflächenanzahl und der Zeitaufwand der Inventur. Die Mittelwerte der geschätzten Zielgrössen sind höher als bei einer Inventur ohne diese Ausscheidung. Trotz kleinerer Probeflächenanzahl bleibt der Standardfehler ungefähr gleich. Der Grund liegt in der grösseren Homogenität der verbleibenden Proben. Das angewendete Verfahren setzt allerdings genaue Kartenunterlagen und moderne EDV-Technik und GIS voraus.

Summary

The study is based on the control method – an inventory method using permanent control sample plots employed in selection forests.

The structure of selection forests differs significantly from that of forests with uniform, regulated area felling, a fact which has an impact on the optimum sampling design for this type of forest management. Forestry has an increasing tendency towards a form of management which can be characterised by terms such as near-to-nature, close-to-nature, single-tree selection and „Dauerwald“. This forest management results in forest structures similar to that of selection forests.

The search for an optimal sampling design for selection forests and questions with regard to mapping and stratification in the selection forest are the two key issues of this study involving two pilot inventories.

The sampling simulations are achieved by means of the FIESTA-software within a semi-artificial forest, composed of selection forest investigation areas. These areas supplied all the necessary statistical data. The knowledge of the true values allowed the analysis of the simulated values.

The simulated mean values and variances of systematic sampling differ from those in random sampling. A comparison of the estimated and empirical variance as well as that of the coverage probability demonstrated that the adequacy of the estimated variance depends on the length/breadth ratio within the sampling grid. With a ratio of 1:4 approximately, the estimated variance differs least from the empirical variance, which renders it recommendable. Therefrom, there is an increasing discrepancy between the two variances. This can be reduced by increasing the sampling density.

The definition of optimum calliper limits and of radii of concentric circles is proven to be highly correlated to the investigated response variable and its distribution in the investigated population. The enhancement of efficiency by the use of concentric circle samples can be expressed using the factor γ . Response variables increasing with the diameter, such as the growing stock or basal area exhibit a better efficiency when using samples with several concentric circles rather than samples with one circle. However, the enhancement of efficiency in a sample with three concentric circles compared to samples with two circles is so small that it cannot compensate the increase in potential errors caused by an additional circle. For the number of stems, no enhancement of efficiency can be attained with additional circles because of the particular significance of the distribution of stem numbers in the selection forest, the use of concentric circle samples in selection-type stands could be questioned.

The investigation carried out in the course of the pilot inventory allowed for simulation of the total time required for various sample areas and sample types, which can be represented as a function of the sample area. With the help of FIESTA the variance can also be expressed as a function of the sample area. The optimal sample area can be assessed from these two functions. The results show that in the selection forest, this optimal area should not be below 6 ares.

The stand mapping of the investigation area Schwarzenegg (canton of Bern, Switzerland) is based on the selection forest structure. The stand structure in selection-type stands is characterised by means of an index, allowing the assessment of individual strata. This kind of mapping allows for a comprehensive documentation of the stand structure. It is also suitable for the combination of similar stands in assessment units or strata. The conditions in the upper and intermediate stratum are key factors.

The stand mapping in investigation areas differ in the precision of elaboration. The fine mapping also includes sites below 10 ares. The second site mapping represents the conventional procedure used in practice. Both procedures require combined site strata for similar sites, in order to use them for inventories. The various mappings have no influence on the inventory results. However, the two investigations presented could not provide a complete answer.

The poststratification according to the stand mapping and the site mapping respectively, reduces the variance. Even better results can be achieved by means of combined strata. However, as compared to homogeneous forest stands the reduction of the variance is very low. In selection-type forest stands, poststratification may lead at best to a small reduction of the variance if at all.

Permanently non-stocked forest areas such as roads, rocks etc. are non-forest areas with regard to inventory. Samples with the centre in one of these areas mentioned, are not included. This reduces the number of sample areas and the time expenditure of the inventory. The mean values of the estimated parameters are greater than in an inventory not taking into consideration these exclusions. Despite a smaller number of sample areas, the standard errors remain the same due to a larger homogeneity between the samples. The applied procedure, however, requires precise mapping documentation and the use of modern EDP-technology including GIS.

The pilot inventories supply figures for inventories in selection-type stands. They are illustrated with the example of the standard error dependent on the number of samples. These values will facilitate the planning of inventories in selection-type stands.