

NACHHALTIGKEITS- KONTROLLE IM PLENTERWALD

Die Bewirtschaftung unserer Wälder ist mit zunehmenden Herausforderungen konfrontiert. Im Rahmen des Waldfond-Projekts „Forstliche Innovationsräume für Climate-Smart-Forestry“ wird die Umstellung von traditionellen Altersklassenwäldern auf Plenterwälder als waldbaulicher Lösungsansatz näher untersucht. Diese Umstellung erfordert eine regelmäßige Bewirtschaftung und macht die Anwendung der klassischen, auf den Altersklassenwald ausgerichteten Forsteinrichtung, die auf einer bestandesweisen Ansprache basiert, zunehmend schwieriger. Wie also können wir effizient die Nachhaltigkeit in Plenterwäldern kontrollieren?

Die Forsteinrichtung hat sich als Instrument zur Sicherung der Nachhaltigkeit in Forstbetrieben etabliert – und das mit gutem Grund: Eine Einteilung des Betriebes in Bestände anhand der Baumartenzusammensetzung, des Bestandesalters und der Bonität erleichtert die flächige Bewirtschaftung und Planung im Sinne des Normalwaldmodells.

Was passiert aber, wenn die räumliche waldbauliche Planungseinheit von einem gleichaltrigen Altersklassenwald in einen ungleichaltrigen, einzelbaumweise bewirtschafteten Plenterwald übergeht? Die übliche Bestandesinventur, die je nach Umtriebszeit eine ausgeglichene Altersklassenverteilung in der jeweiligen Betriebsklasse zum Ziel hat, stößt dabei

rasch an ihre Grenzen. Eine flächige Unterteilung des Bestandes und die damit einhergehende flächige Bestimmung der Nachhaltigkeit nach dem Prinzip des Normalwaldmodells ist nicht mehr möglich.

Die Folge ist, dass der Zuwachs auf der Plenterwaldfläche zum wichtigen Weiser für eine nachhaltige Bewirtschaftung wird. Struktur beziehungsweise Alter der Bäume im Plenterwald sind so zu gestalten, dass der Zuwachs auf der Fläche möglichst konstant bleibt. Dies erfordert eine regelmäßige Bewirtschaftung, ansonsten wird aus dem Plenterwald sukzessive wieder ein Altersklassenwald. Das heute übliche Verfahren einer Nachhaltigkeitskontrolle im Plenterwald ist daher die Etablierung einer permanenten Stichprobeninventur.

DIE STICHPROBENINVENTUR

Ziel einer Stichprobeninventur ist die möglichst genaue Schätzung von Waldparametern wie Stammzahl, Grundfläche, Volumen und Zuwachs je Hektar bei möglichst geringen Kosten. Die notwendige Anzahl an Stichprobepunkten ergibt sich aus einer erwarteten Variation für einen bestimmten Waldparameter sowie der gewünschten Genauigkeit – dem Vertrauensintervall. Je homogener eine Waldfläche ist und je geringer die erwünschte Genauigkeit angesetzt wird, desto weniger Stichprobepunkte sind notwendig. Mit einem Wechsel in der Bewirtschaftung vom Altersklassenwald zum Plenterwald nehmen die Unterschiede zwischen Waldbeständen ab, die Variation auf der Waldfläche nimmt jedoch zu.



Typischer Plenterwald von oben (linke Seite) und vom Boden aus (rechts).

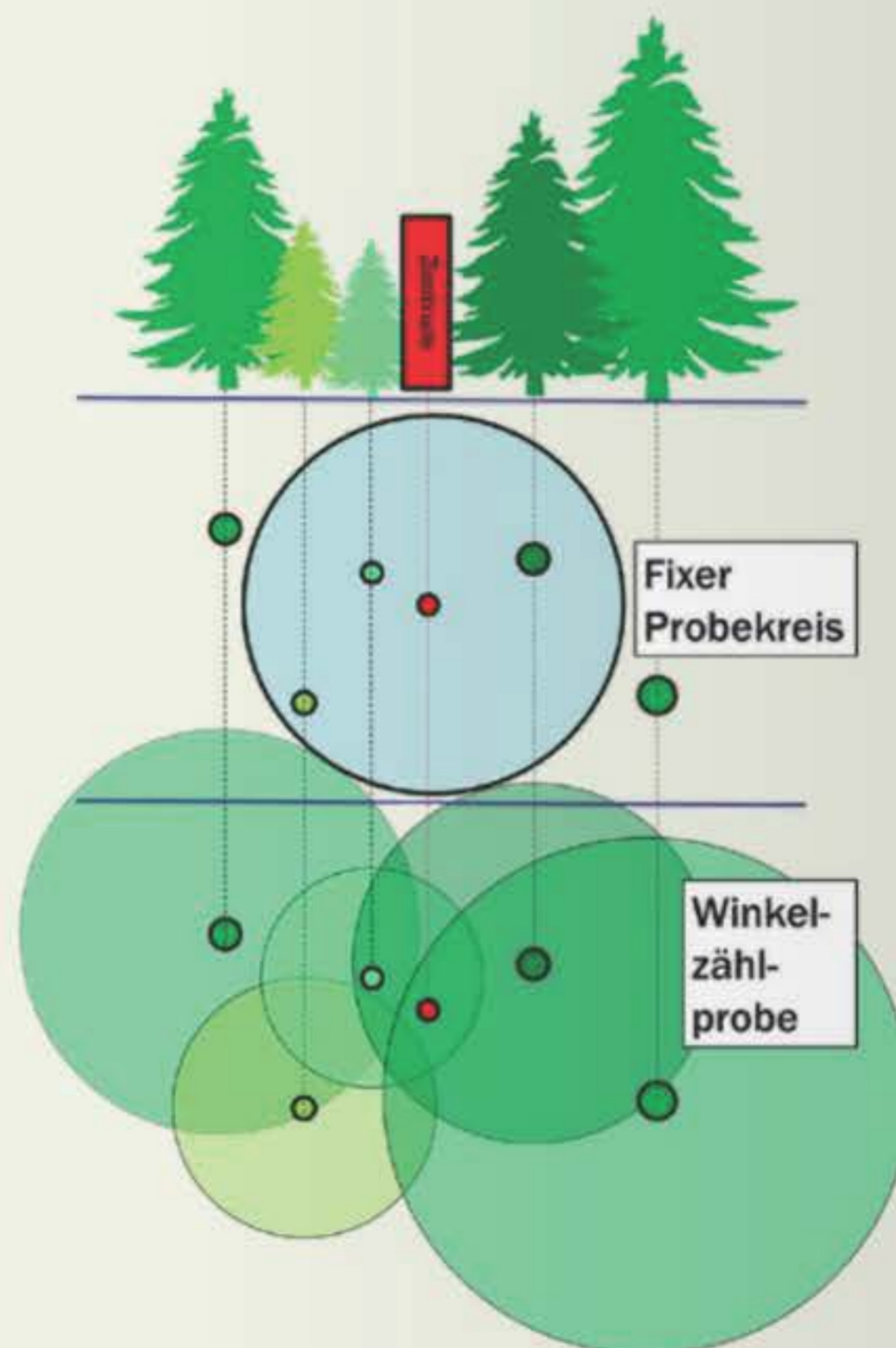
Während im Altersklassenwald die Nachhaltigkeitssicherung über die Altersklassenverteilung und die damit verbundenen Volumenzuwächse auf der Fläche kontrolliert wird, gilt es im Plenterwald, das stehende Volumen, den Volumenzuwachs, sowie die Stammzahlverteilung über die Durchmesserklassen, konstant zu halten. Damit werden der Volumenzuwachs und die Durchmesserverteilung zum zentralen Element der Nachhaltigkeit. Weiters ist zu erwarten, dass die nötige Anzahl an Stichprobepunkten zunimmt, weil der Zuwachs eine höhere Streuung hat als im Vergleich dazu das stockende Volumen.

Als Nächstes ist es wichtig, ein permanentes Stichprobensystem aufzubauen. Damit wird gewährleistet, dass in regelmäßigen Abständen (5 bis 10 Jahre) die gleichen Bäume gemessen werden. Temporäre Stichproben mit wechselnden Stichprobemittelpunkten sind ungeeignet, weil der zufällige Fehler aufgrund unterschiedlich aufgenommenener Bäume derart hoch wird, dass Veränderungen im Zuwachs innerhalb einer Aufnahmeperiode nicht oder kaum erkannt werden können. Der Fehler aus der Flächenrepräsentation ist – anders als bei der permanenten Stichprobe – nicht konstant und das führt zu den hohen Streuungen.

Ein weiterer Aspekt der Stichprobeninventur ist die Verteilung der Punkte im Gelände. In der Regel werden die Punkte auf einem Raster mit gleichmäßigen Abständen verteilt. Das hat praktische Vorteile und gewährleistet, dass die Fläche gänzlich mit Stichproben abgedeckt wird.

Da luft- und bodengestützte Laserscanning-Technologien aufgrund der Mehrschichtigkeit und der flächigen Verjüngung im Plenterwald nur beschränkt einsetzbar sind, ist es weiterhin notwendig, zu Kluppe, Vertex und Relaskop zu greifen und Stichproben durchzuführen.

SCHEMATISCHE DARSTELLUNG WINKELZÄHLPROBE (WZP) - FIXER PROBEKREIS



WINKELZÄHLPROBE ODER FIXER PROBEKREIS?

Für die Stichprobe gibt es mehrere Methoden. Die wohl bekanntesten davon sind die Winkelzählprobe (WZP) nach Bitterlich und der fixe Probekreis. Während bei der WZP die Aufnahme-wahrscheinlichkeit eines Baumes und der zugehörige Grenzkreisradius mit zunehmendem Brusthöhendurchmesser (BHD) steigt, ist diese im fixen Probekreis für jeden Baum gleich groß, da alle Bäume innerhalb eines festgelegten Radius aufgenommen werden (siehe schematische Darstellung). Das bedeutet, dass die WZP für dickere Bäume präzisere Informationen liefert als für Bäume mit kleinem BHD. Diese Ungenauigkeit bei kleineren BHDs erschwert jedoch die Darstellungen einer genauen Durchmesserverteilung sowie der Anzahl der Bäume, aufgeteilt auf gleich breite BHD-Klassen. Gerade diese Verteilung und die sich daraus ergebenden Zuwächse sind im Plenterwald von Interesse, da diese Daten zeigen, ob in den Plenterwald eingegriffen werden soll, um die Stabilität beziehungsweise die Konstanz im Volumen und im Zuwachs zu gewährleisten. Das Ausfallen einiger Verjüngungsjahrgänge – etwa durch eine zu geringe Entnahme – kann ein Plentersystem schnell aus diesem Gleichgewicht bringen, weshalb eine ständige Bewirtschaftung und die kontinuierliche Kontrolle der Bestandesstruktur von großer Bedeutung sind. →

STICHPROBENVERFAHREN IM VERGLEICH

METHODE	FLÄCHE	STAMMZAHL [N/ha]		GRUNDFLÄCHE [m ² /ha]		ZUWACHS [m ² /ha/Jahr]		GEMESSENE BÄUME	
		\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
VOLLAUFNAHME	-	614	-	40,1	-	1,03	-	-	-
WINKELZÄHLPROBE (WZP) [m ² /ha]	1	622	336	40,0	7,2	1,02	0,27	40,0	7,2
	2	638	442	40,7	9,0	1,03	0,35	20,4	4,5
	4	600	486	40,8	11,6	1,07	0,48	10,2	2,9
FIXER PROBEKREIS [m ²]	500	613	209	39,9	13,2	1,03	0,29	30,6	10,5
	300	626	247	41,0	16,6	1,04	0,36	18,8	7,4
	200	622	271	41,4	20,1	1,05	0,46	12,4	5,4

WAS IST DAS GEEIGNETE STICHPROBEVERFAHREN IM PLENTERWALD?

Um die Eignung gängiger Stichprobevarianten der WZP und des fixen Probekreises zu vergleichen, wurden je 1.000 Winkelzählproben mit Zählfaktor $k = 4 \text{ m}^2/\text{ha}$, $k = 2 \text{ m}^2/\text{ha}$ und $k = 1 \text{ m}^2/\text{ha}$, sowie je 1.000 Stichproben mit fixen Probekreisen der Fläche 200 m^2 , 300 m^2 und 500 m^2 simuliert. Dazu wurden die Daten der bekannten Schweizer Plenterversuchsflächen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) verwendet. Diese Flächen werden seit über hundert Jahren als Plenterwald bewirtschaftet und befinden sich somit im sogenannten Plentergleichgewicht und decken damit die Streuung der Bestandesparameter ab.

Die Ergebnisse der Simulationen zeigen, dass fixe Probekreise eine präzisere Stammzahlbestimmung im Vergleich zur WZP ermöglichen. Bei der Schätzung des periodischen Zuwachses lieferten die fixen Probekreise ähnliche Ergebnisse wie die WZP. Für die Bestimmung der Grundfläche ist die WZP besser geeignet. Die Ergebnisse sind in der Tabelle oben ersichtlich und können als Richtwerte im Plenterwald verstanden werden; \bar{x} ist der Mittelwert und SD die Standardabweichung.

WIE VIELE STICHPROBENPUNKTE BRAUCHT ES IM PLENTERWALD?

Aus den in der Tabelle dargestellten Ergebnissen lässt sich die Anzahl der benötigten Stichprobenpunkte n im Plenter-

wald für eine festgelegte Fehlergrenze wie folgt ableiten:

$$n = \left(\frac{t_{\alpha/2, n-1} \times SD}{E} \right)^2$$

Wobei t der t-Wert mit Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$ und $n-1$ Freiheitsgraden ist, SD die Standardabweichung aus der Tabelle ist und E die Hälfte der Breite des Konfidenzintervalls – auch bekannt als die erlaubte Fehlergrenze in der Einheit des Parameters – ist.

Beispiel: Wie viele fixe Probekreise mit einer Fläche von 300 m^2 bei einer erwarteten Standardabweichung im Plenterwald (siehe Tabelle) sind notwendig, um eine Fehlergrenze von 10 % zu erreichen?

$$n = \left(\frac{1,96 \times 247 \text{ N/ha}}{61,4 \text{ N/ha}} \right)^2$$

Bei einer Fehlergrenze von 61,4 Bäumen/ha (10 % von \bar{x}) benötigt man 63 Stichprobenpunkte. Wird die Fehlergrenze für alle zu schätzenden Parameter wie im Beispiel auf 10 % festgelegt, benötigt man für die Schätzung der Stammzahl, der Grundfläche und des Grundflächenzuwachses mit einem fixen Probekreis von 300 m^2 bei einer für den Plenterwald typischen Standardabweichung rund 70 Stichproben und misst rund 520 Bäume. Um

für alle drei Parameter mit der WZP mit Zählfaktor $4 \text{ m}^2/\text{ha}$ innerhalb der gleichen Fehlergrenze zu bleiben, sind rund 240 Stichprobenpunkte notwendig. Diese Ergebnisse zeigen, dass die effizienteste Stichprobenmethode im Plenterwald der fixe Probekreis mit einer Flächengröße von 300 m^2 ist, da hierbei die erwartete Präzision und die benötigte Anzahl der gemessenen Bäume ausgewogen sind.

ZUSAMMENFASSUNG

Eine effiziente Sicherung der Nachhaltigkeit im Plenterwald ist mit einer permanenten Stichprobeinventur, einer entsprechenden Anzahl von fixen Probekreisen von 300 m^2 beziehungsweise einem Radius von 9,77 m möglich. Alternativ kann auch eine Kombination aus WZP mit einem Zählfaktor $k = 4 \text{ m}^2/\text{ha}$ und einem fixen Probekreis von 200 m^2 in Betracht gezogen werden. ■

- **Mathias Leiter, Doktorand am Institut für Waldbau, Universität für Bodenkultur Wien (BOKU)**
- **Univ. Prof. Dr.DDr.h.c. Hubert Hasenauer, Professor für Waldökosystemmanagement und Leiter des Institutes für Waldbau an der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU)**

Literatur: Mathias Leiter, Hubert Hasenauer, *Continuous cover forestry: Which sampling method should be used to ensure sustainable management?, Trees, Forests and People, Volume 13, 2023*

Download: <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2023.100419>.

