

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 171 (2020)

Heft: 2

Artikel: Methoden zur Einschätzung des Verbisseinflusses : Vergleich der Messungen an den k nächsten Bäumchen mit Zählungen im Probekreis

Autor: Kupferschmid, Andrea D. / Gmür, Pascal A.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1097281>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 01.05.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Methoden zur Einschätzung des Verbisseinflusses: Vergleich der Messungen an den k nächsten Bäumchen mit Zählungen im Probekreis

Andrea D. Kupferschmid Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, WSL (CH)*
Pascal A. Gmür Kantonsforstamt St. Gallen (CH)

Methoden zur Einschätzung des Verbisseinflusses: Vergleich der Messungen an den k nächsten Bäumchen mit Zählungen im Probekreis

Im Frühjahr 2018 wurde in zwei Wildräumen des Kantons St. Gallen eine Pilotstudie zur Einschätzung des Einflusses von Verbiss durch wildlebende Huftiere auf die Baumverjüngung durchgeführt. Bei dieser Aufnahme wurden total 903 Probeflächen (PF) in einem systematischen Raster untersucht. Je PF wurden in einem 2-m-Kreis alle Bäumchen zwischen 10 cm Baumhöhe und 4 cm Durchmesser auf Brusthöhe erfasst und die zum PF-Zentrum nächstgelegenen zwei Bäumchen je Baumart und Höhenklasse vermessen (k-Baum-Methode). Die zwei Methoden werden einander insbesondere bezüglich Baumdichte, Anteil PF mit Verjüngung, Verteilung der Bäumchen in Höhenklassen sowie Verbissintensität versus Flächenanteil verbissener Bäumchen gegenübergestellt. Zur Berechnung der Baumdichte und des Anteils PF mit Verjüngung ist in erster Linie der abgesuchte Radius bzw. die maximale Suchdistanz entscheidend. Die Methode mit den zwei zum PF-Zentrum nächstgelegenen Bäumchen je Baumart und Höhenklasse passt die abzusuchende Fläche an die Verjüngungsdichte an. Sie ermöglicht das Vermessen einer minimalen Anzahl Bäumchen je Art, ist im Wald leicht anwendbar und zudem objektiv sowie reproduzierbar. Statistisch sind die Flächenanteile treue Schätzer. Messungen an den nächsten zwei Bäumchen pro Baumart und Höhenklasse in einem systematischen Raster liefern detailliertere Informationen, um den Verbisseinfluss an der vorhandenen Verjüngung einzuschätzen, und sind deshalb den bisherigen Probekreis(sektor)-aufnahmen in Indikatorflächen vorzuziehen.

Keywords: nearest-tree method, plot-count method, tree regeneration, ungulate browsing, forest inventory
doi: 10.3188/szf.2020.0069

* Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf, E-Mail andrea.kupferschmid@wsl.ch

Wildlebende Huftiere wie Reh, Gams und Rothirsch fressen die Triebe junger Bäumchen. Huftiere wählen dabei selektiv einzelne Baumarten aus und beeinflussen deshalb das Wachstum der Verjüngung je nach Art unterschiedlich. Dies kann zu Verschiebungen im Konkurrenzgefüge der Baumarten führen und den Etablierungserfolg einzelner Arten verändern. Damit ein Einfluss des Verbisses durch wildlebende Huftiere auf die Verjüngung eingeschätzt werden kann, sind gemäss Kupferschmid et al (2019a) insbesondere Informationen nötig

- zur Endtriebverbiss-Stärke und deren Häufigkeit,
- zum Höhenzuwachs der Bäumchen und damit zur Durchwuchszeit,
- zum Höhen- und Zuwachsverlust durch Verbiss und damit zur Änderung im relativen Zuwachs

der verschiedenen Baumarten untereinander (Abbildung 1),

- zur Dichte und zur räumlichen Verteilung der Verjüngung,
- zur verbissbedingten Mortalität der Bäumchen.

Abgesehen von der Mortalität können diese Informationen gut mittels der Methode der Vermessung der zum Probeflächenzentrum nächstgelegenen Bäumchen je Baumart und Höhenklasse gewonnen werden (Pepper 1998, Huber et al 2018). Mit diesen nächsten Bäumchen kann unter Anwendung der k-Baum-Methode (Kleinn et al 2009) eine Dichte approximiert werden (Kleinn & Vilčko 2006a, 2006b) und theoretisch ohne Schätzfehler (d.h. bei genügend grosser Probeflächenanzahl) ein Flächenanteil der verbissenen Bäumchen an der von dieser Baumart besetzten Fläche ausgerechnet werden (Hu-



Abb 1 Selektiver Verbiss kann die Zuwachsverhältnisse der Baumarten beeinflussen. Die Endtriebverbiss-Stärke und der Höhenzuwachs entscheiden, welche Baumart die besseren Chancen zum Hochwachsen hat. Im Bild wachsen zum Beispiel die Weisstannen trotz dem leichten Verbiss besser als die Fichten. Foto: Andrea D. Kupferschmid

ber et al 2018). Dieses Punkt-Baum-Abstandsverfahren erlaubt es aber nicht, die klassische Verbissintensität gemäss Eiberle & Nigg (1987) zu berechnen, bei der die Anzahl Bäumchen mit einem Verbiss am letzten abgeschlossenen Endtrieb in Prozent aller vorhandenen Bäumchen ausgedrückt wird (Odermatt & Rüeegg 2007).

Im Kanton St. Gallen fanden bisher Verjüngungskontrollen in Indikatorflächen statt (Rüeegg & Nigg 2003). Dabei wurden jeweils die ersten 30 Bäumchen unabhängig von der Art in Probekreissectoren mit einem Radius von 2 oder 5 m je nach Verjüngungsdichte auf Präsenz bzw. Absenz von Verbiss am letzten abgeschlossenen Endtrieb untersucht. Detaillierte Auswertungen über mehr als 10 Jahre in 49 Indikatorflächen mit Weisstannenverjüngung (36 davon im Kanton St. Gallen) ergaben aber leider nicht den erwarteten Zusammenhang zwischen Verjüngungsdichte und Verbiss je Probefläche (Kupferschmid et al 2019b). In vielen Indikatorflächen korrelierte aber die Verbissintensität mit den Abschusszahlen von Reh, Hirsch und Gams, und im Wildraum (WR) 2 des Kantons St. Gallen konnte ein positiver Einfluss der Luchswiederbesiedlung auf die

Verbissintensität abgeleitet werden (Schnyder et al 2016). Infolge der gutachtlichen Platzierung der Indikatorflächen war jedoch keine Hochrechnung der Resultate der Verjüngungskontrolle auf die gesamte Waldfläche des Kantons St. Gallen möglich.

In einigen dieser Indikatorflächen wurden bereits Aufnahmen in einem 2-m-Probekreis mit einer Vermessung der zum Probeflächenzentrum nächstgelegenen zwei bis fünf Bäumchen je Baumart und Höhenklasse verglichen. Dabei fiel die Dichteberechnung beider Methoden sehr ähnlich aus (Huber et al 2018). Erhebliche Unterschiede zeigten sich dagegen zwischen dem Flächenanteil verbissener Bäumchen und der Verbissintensität (Huber et al 2018). Die Untersuchungen an den nächsten Bäumchen ergaben aber wegen der Messung des Höhenzuwachses ein sehr viel detaillierteres Bild zur Einschätzung des Verbisseinflusses (Kupferschmid 2018). Deshalb entschied sich das Kantonsforstamt St. Gallen, in zwei bezüglich Verjüngungsdichte und Wildeinfluss (gutachtlich) unterschiedlichen Wildräumen nochmals beide Methoden anzuwenden und zu vergleichen.

Die Ziele dieses Artikels sind:

1. die in diesem Pilotprojekt benutzten Methoden vorzustellen,
2. die Zeitaufwände für die Aufnahmen aufzuzeigen und Verbesserungsvorschläge zu machen,
3. die beiden Methoden in Bezug auf die Verjüngungsdichte, den Anteil Probeflächen mit Verjüngung, die Verteilung der Bäumchen in Höhenklassen sowie die Verbissintensität bzw. den Flächenanteil verbissener Bäumchen beispielhaft zu vergleichen,
4. einige Vor- und Nachteile der Methoden aufzuzeigen.

In einem separaten Artikel in diesem Heft (Kupferschmid & Gmür 2020) wird der Verbisseinfluss in den zwei Wildräumen mittels der Methode der Vermessung der zum Probeflächenzentrum nächstgelegenen zwei Bäumchen je Baumart und Höhenklasse aufgezeigt.

Methode

Probeflächennetz in den beiden Wildräumen

Der WR2 des Kantons St. Gallen umfasst 8164 ha Wald, der WR8 7004 ha Wald (inkl. Gebüschwald). Über den ganzen Kanton wurde ein systematischer Raster von Probeflächen (PF) gelegt. Die Aufnahme musste zuerst in einem Raster von 500 × 500 m durchgeführt werden. War nicht genügend Verjüngung der Hauptbaumarten je Höhenstufe vorhanden (100 Bäumchen der Hauptbaumarten – je nach vorkommenden Höhenstufen Fichte, Tanne, Buche und Ahorn – waren ursprünglich das Ziel), musste die PF-Anzahl «verdoppelt», der Aufnahme-raster also auf 353 × 353 m verdichtet werden. Da im WR8 nur wenig Verjüngung vorhanden war,

wurde der verdichtete PF-Raster verwendet. Total resultierten 903 PF, 324 im WR2 und 579 im WR8.

Aufnahmen je Probefläche

Je PF musste ein Formular zu Basisdaten ausgefüllt werden. Zuerst musste angegeben werden, ob eine Aufnahme überhaupt möglich war. Falls nein, mussten die Hinderungsgründe angegeben werden. Falls ja, mussten unter anderem folgende Angaben notiert werden:

- die Beschattung (Keller 2013) und die Deckung verdämmender Vegetation,
- ob Verjüngung erwünscht oder erforderlich ist (d.h., ob auf der Fläche waldbauliche Massnahmen zur Förderung der Verjüngung eingeleitet wurden oder ob die Verhältnisse aus natürlichen Gründen, z.B. wegen eines Sturmlochs, stimmten),
- ob im letzten Winter Pflegeeingriffe erfolgten,
- die Entwicklungsstufe,
- die Waldstruktur.

Zwei Verfahren kamen für die Aufnahme der Verjüngung auf den PF zum Einsatz (siehe auch detaillierte Anleitung von Kupferschmid et al 2018):

1. *2-m-Kreis-Methode*: hangneigungskorrigierter 2-m-Kreis, in dem alle Bäumchen nach Art, Verbisstärke am Endtrieb und Höhenklasse (HK1: 10–39.5 cm, HK2: 40–69.5 cm, HK3: 70–99.5 cm, HK4: 100–129.5 cm, HK5: 130 cm Höhe bis <4 cm Durchmesser auf Brusthöhe [BHD]) gezählt wurden.¹ Falls keine Verjüngung in den HK1 bis HK4 vorhanden war, mussten in einem 1-m-Kreis alle einjährigen bis 9.5 cm grossen Bäumchen angesprochen werden (HK0).
2. *2-Baum-Methode bzw. Nächste-Bäumchen-Methode*: Messung der zum PF-Zentrum nächstgelegenen zwei Bäumchen je Baumart und Höhenklasse in einer Suchdistanz von maximal 8 m (hangneigungskorrigiert) für die Arten Fichte, Weissanne und Föhre und in einer Suchdistanz von maximal 5 m für die Arten Buche, Ahorn, Eiche und Linde. Falls keine Tannen der HK1 bis HK4 vorhanden waren, mussten die nächsten zwei einjährigen bis 9.5 cm grossen Tannen vermessen werden (HK0). Je Bäumchen wurden die Distanz zum PF-Zentrum, die Baumhöhe und die Endtrieblänge gemessen. Die Verbisstärke am Endtrieb wurde getrennt nach Sommer- und Winterverbiss notiert.

Konkrete Durchführung in den beiden Wildräumen

Für die Projektkoordination wurde ein unabhängiger Fachmann beauftragt. Im WR2 wurden die Aufnahmen mehrheitlich durch die Revierförster (Kantonsangestellte) im Rahmen der hoheitlichen Aufgaben durchgeführt. Zur Unterstützung wurden zwei externe Fachpersonen engagiert und die örtlichen Revierförster von Kollegen begleitet. Im WR8 wurden die Aufnahmen ressourcen- und neutrali-

tätsbedingt trotz höheren Kosten an private Ingenieurbüros vergeben.

Die Aufnahmen fanden vom 20. Februar (tiefe Lagen) bis Ende Mai 2018 (höhere Lagen) statt. Die Datenerfassung erfolgte im Wald entweder auf Papier oder in einer Kombination aus Papier und Excel-Formularen auf Tablets. Es stand keine optimierte Erfassungsmaske zur Verfügung. Daher war besonders die Aufnahme der 2-m-Kreise direkt im Excel-Formular umständlich. Das Übertragen der Daten in Excel-Dateien erfolgte durch die Aufnahmeequipen oder durch das Sekretariat des Kantonsforstamtes.

Aus Zeit- und Kostengründen wurden keine Kontrollaufnahmen gemacht, allfällige Unterschiede zwischen den verschiedenen Aufnahmeequipen können also nicht abgeschätzt werden. Es fand aber eine zentrale Schulung statt, und der Projektkoordinator ging mit jeder Equipe einmal mit.

Auswertung

Mittels Daten beider Aufnahmemethoden wurden Dichten je PF, Baumart und WR berechnet. Bei der 2-Baum-Methode wurde die Dichte anhand der Distanz vom nächsten (D1) und vom zweitnächsten (D2) Bäumchen zum PF-Zentrum berechnet (Formel 1; K-Baum-Methode, Kleinn et al 2009).

$$Dichte = 1/([D1 + 0.5 \times (D2 - D1)]^2 \times \pi) \quad (1)$$

Dieser Schätzer ist im Gegensatz zur Dichte, die mit den Daten der 2-m-Kreise berechnet wird, nicht schätztreu. Das heisst, dass es infolge der unbekannt räumlichen Verteilung einen Schätzfehler gibt. Aber Magnussen (2012) folgerte, dass für viele Forstinventuren der Schätzfehler im Vergleich zur Genauigkeit, mit der die Dichte einer kleinen Stichprobe geschätzt werden kann, unwichtig ist. Zudem war der Schätzfehler mit der von Kleinn et al (2009) vorgeschlagenen Dichteberechnungsmethode gegenüber anderen Berechnungsmethoden am kleinsten (Magnussen et al 2008). Natürlich wäre eine Vermessung von mindestens 30 Bäumchen ($k \geq 30$), wie von Magnussen vorgeschlagen wurde, wünschenswert. Aber die Distanzmessung zu den zwei nächsten Bäumchen je Art und HK ist auch bei einer grossen Anzahl von PF praktikabel (und Letztere ist wichtig für die Berechnung der Flächenanteile; siehe unten). Die Dichteberechnungen je PF beider Methoden wurden je Art mit T-Tests (Funktion `t.test` in R) und Pearson-Korrelation (Funktion `cor.test` in R) verglichen.

Mittels der Daten aus den 2-m-Kreisen wurde die Verbisintensität der Bäumchen zwischen 10 und

¹ Also ähnlich wie die bisherige Methode in Indikatorflächen, aber mit Aufteilung in Klassen der Endtriebverbiss-Stärke, ohne Ausweitung des Kreises auf 5 m bei geringer Dichte der Verjüngung und ohne Abbruch nach 30 Bäumchen.

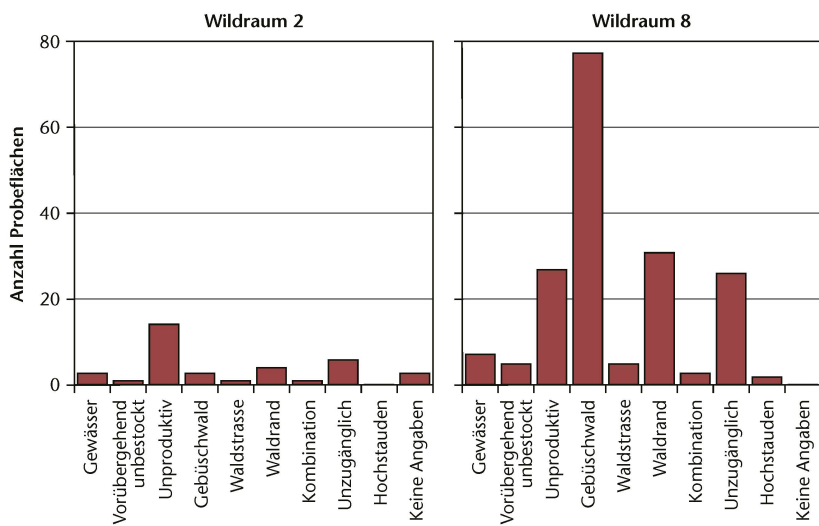


Abb 2 Anzahl Probeflächen je Wildraum, für die keine Aufnahmen durchgeführt werden konnte, nach Hinderungsgrund. «Waldrand» entspricht Nichtwaldflächen im Bereich des Waldrandes.

Baumart	2-m-Kreis-Methode		2-Baum-Methode	
	Wildraum 2	Wildraum 8	Wildraum 2	Wildraum 8
Total alle Arten	7106	3987	3220	2451
Ahorn	1769	360	1089	531
Buche	2544	1766	603	363
Fichte	564	626	822	1401
Tanne	623	47	647	162

Tab 1 Anzahl Bäumchen der Höhenklassen HK1 bis HK5, die mit der 2-m-Kreis-Methode gezählt bzw. mit der 2-Baum-Methode je Baumart, Höhenklasse und Wildraum (WR) vermessen wurden.

129.5 cm inklusive Vertrauensintervall berechnet. Mit den Daten der dem PF-Zentrum nächstgelegenen Bäumchen zwischen 10 und 129.5 cm Baumhöhe (also dem nächsten aus den HK1 bis HK4) je Art wurden zwei Flächenanteile inklusive Standardfehler berechnet. Beide Flächenanteile sind treue Schätzer, also asymptotisch frei von Schätzfehlern (Huber et al 2018). Erstens wurde je Baumart der Flächenanteil der mit Bäumchen dieser Art besetzten Fläche berechnet (= Anzahl PF mit Art x dividiert durch die Gesamtzahl der PF). Zweitens wurde der Flächenanteil der vermessenen Bäumchen einer Baumart an der mit dieser Art besetzten Fläche berechnet (= Anzahl PF, in denen das dem PF-Zentrum nächstgelegene Bäumchen der Art x vermisst war, dividiert durch die Anzahl PF, in denen Art x vorkam).

Damit ein Einfluss der wildlebenden Huftiere auf die Verjüngung eingeschätzt werden kann, sollten die PF minimale Bedingungen erfüllen. Weil im Gebiet schattentolerante Baumarten vorkommen, wurde insbesondere festgelegt, dass die Beschattung maximal 90% betragen durfte und «Verjüngung erwünscht oder erforderlich» notiert war. Alle Auswertungen zur Verjüngungsdichte, zum Anteil PF mit Verjüngung und zum Verbiss beziehen sich ausschliesslich auf PF, die diese Bedingungen erfüllten (WR2: 214, WR8: 223 PF).

Resultate

Aufgenommene Probeflächen und Hinderungsgründe

In 684 der total 903 PF fand eine Verjüngungsaufnahme statt. 288 der aufgenommenen Probeflächen lagen im WR2 und 396 im WR8. Im WR8 konnte prozentual auf mehr PF keine Aufnahme stattfinden (32%) als im WR2 (11%). Die Gründe für «keine Aufnahme» waren hauptsächlich, dass die Flächen mit Gebüschwald oder nicht mit Wald bedeckt oder dass sie nicht zugänglich waren (Abbildung 2).

Vergleich der gezählten mit den vermessenen Baumindividuen

Trotz der kleineren PF-Anzahl wurde im WR2 mit beiden Methoden gesamthaft deutlich mehr Verjüngung gezählt oder vermessen als im WR8 (Tabelle 1). Infolge des maximalen Suchradius von 8 m wurden in beiden WR von Tanne und Fichte mehr Bäumchen als nächste Bäumchen vermessen als in den 2-m-Kreisen gezählt wurden. Beim Ahorn war dies hingegen nur im WR8 der Fall. Bei Buche wurden in beiden WR mehr Bäumchen gezählt als nächste Bäumchen vermessen wurden (Tabelle 1).

Zeitaufwand

Total wurden 1580 Stunden aufgewendet, was 1.75 Stunden pro PF entspricht. Darin enthalten sind die Wegzeit sowie die Zeiten für die Markierung und Versicherung der PF, die Aufnahmen auf den PF (Basisdaten, nächste Bäumchen und 2-m-Kreise) und für die Administration. Eingeschlossen ist auch die Zeit für Büroentscheide für PF, die nicht angelaufen wurden (z.B. Flächen mit ausschliesslich Gebüschwald). Der Zeitbedarf pro angelaufene PF betrug rund 2 Stunden, derjenige für effektiv aufgenommene (d.h. ohne Hinderungsgrund) rund 2.3 Stunden. Für die Aufnahme einer PF inkl. Wegzeit und Administration wurden bei Einerequipen rund 2 Stunden benötigt. Bei Zweierequipen waren hingegen rund 3 Stunden erforderlich. Zu zweit war die effektive Aufnahmezeit auf der PF kürzer, dafür fiel sie wie die Anmarschzeit doppelt an. Im WR2 betrug die Wegzeit rund 35%, die Aufnahmezeit rund 55% und die Zeit für die Administration rund 10%. Im WR8 wurden für die Fahrt ins Gebiet rund 11%, für die Aufnahme- und Wegzeit (teilweise Tageswanderungen) 83% und für die Administration ca. 6% eingesetzt.

Vergleich der Baumdichten

Die Resultate zur Verjüngungsdichte, die mittels 2-m-Kreis- oder 2-Baum-Methode je PF berechnet wurden, waren vergleichbar. Für die vier häufigsten Baumarten unterschieden sich diese Dichten je PF statistisch nicht signifikant (T-Test, $p > 0.1$; Ab-

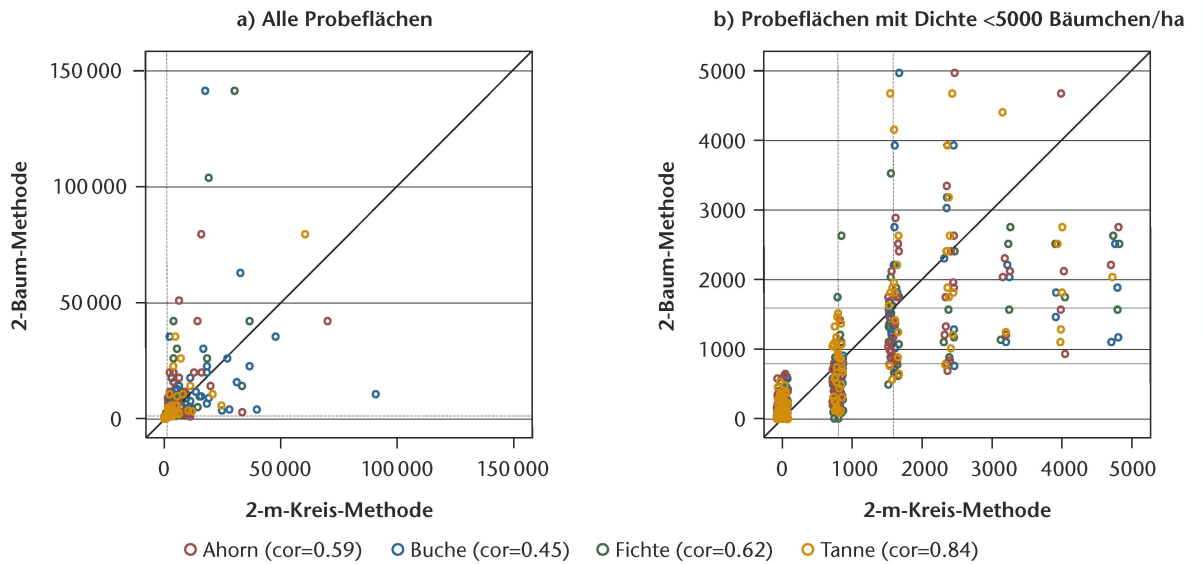


Abb 3 Vergleich der Dichten, die mittels 2-m-Kreis- bzw. 2-Baum-Methode je Probefläche (PF) und Baumart berechnet wurden. Einbezogene Höhenklassen: HK1–HK4. Man beachte, dass mittels der 2-m-Kreis-Methode nur 0, 795, 1590, 2385 usw. Bäumchen/ha nachgewiesen werden können, je nachdem, ob 0, 1, 2, 3 usw. Bäumchen auf der PF gezählt wurden. Zur Verdeutlichung dieses Sachverhalts wurde bei der Dichte, die 1 bzw. 2 Bäumchen im 2-m-Kreis entspricht, eine graue gepunktete Linie eingezeichnet. Damit zudem nicht alle Punkte übereinander zu liegen kommen, wurde eine zufällige Verschiebung von 0.5 bei der Dichte, berechnet mit dem 2-m-Kreis, vorgenommen (Funktion jitter in R). cor: Korrelationskoeffizient zwischen den zwei Methoden.

bildung 3). Die Streuung der Daten war gross (vgl. auch die Abbildung 4), sodass es statistisch nicht relevant war, mit welchem Verfahren die Dichte geschätzt wurde. Die Dichten je PF korrelierten signifikant für alle vier Baumarten ($p < 0.01$). Die Korrelation war bei der Tanne besonders hoch (Abbildung 3). Am kleinsten war sie bei der häufigsten Baumart, der Buche, weil sich die Dichteberechnungen bei hohen Dichten stärker unterschieden (Abbildung 3a).

Jedoch unterschieden sich die Resultate bezüglich der «Genauigkeit» bei tiefen Dichten (Kupferschmid 2019). In Abbildung 4 ist dies beispielhaft für die Tannenwaldstufe (ca. 900 bis 1500 m ü.M.) dargestellt. Wenn in einem Kreis von 2 m ein Baum pro PF vorkommt, entspricht dies einer minimalen Dichte von 796 Bäumchen/ha, die auf der PF «detektiert» werden kann (rote Linie in Abbildung 4a). Da für die 2-Baum-Methode Ahorn und Buche bis auf 5 m und Tanne und Fichte bis auf 8 m Distanz ge-

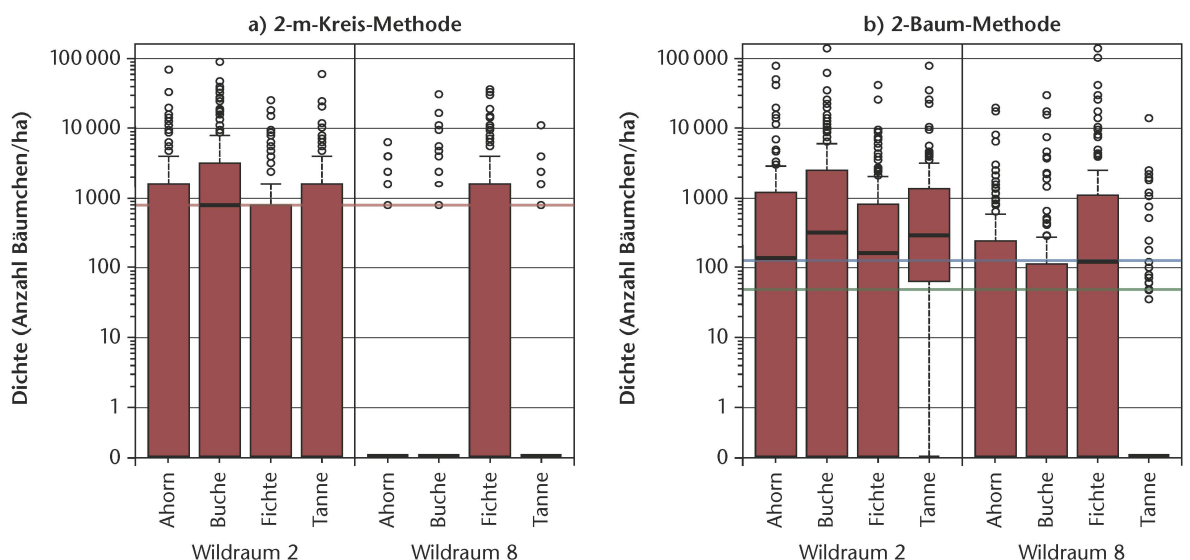


Abb 4 Dichte in der Tannenwaldstufe der Wildräume 2 und 8 je Baumart, berechnet mit a) der 2-m-Kreis-Methode und b) der 2-Baum-Methode. Rote Linie in a): Dichte, wenn genau ein Baum im 2-m-Kreis vorhanden ist. Blaue Linie in b): Dichte, wenn ein Baum in einer Kreisfläche mit 5 m Radius vorhanden wäre (entspricht maximaler Suchdistanz für Ahorn und Buche). Grüne Linie in b): Dichte, wenn ein Baum in einer Kreisfläche mit 8 m Radius vorhanden wäre (entspricht maximaler Suchdistanz für Tanne und Fichte). Einbezogene Höhenklassen: HK1–HK4. Box-Plots: Dargestellt sind der Median ($Q_{0.50}$; dicker horizontaler Strich), die Quartile ($Q_{0.25}$, $Q_{0.75}$; Boxbegrenzung), die Quantile $Q_{0.10}$ und $Q_{0.90}$ (Antennen) sowie die Ausreisser (Punkte). Man beachte die Log-Skala.

Baumart	2-m-Kreis-Methode		2-Baum-Methode	
	Wildraum 2	Wildraum 8	Wildraum 2	Wildraum 8
Ahorn	2139	502	2699	646
Buche	4242	784	4219	781
Fichte	1400	2277	1295	3727
Tanne	1803	227	2149	210

Tab 2 Mittlere Verjüngungsdichte pro Hektare je Baumart und Wildraum, berechnet mit der 2-m-Kreis- und der 2-Baum-Methode für Bäumchen der Höhenklassen HK1–HK4. Dargestellt ist der Mean of Ratio, d.h. der Mittelwert der je PF errechneten Dichten.

sucht wurden, konnte mittels dieser Methode näherungsweise auch eine kleinere Dichte als Median pro PF gerechnet werden (ca. 127 bzw. 50 Bäume pro ha; Abbildung 4b). Dadurch konnte zum Beispiel gezeigt werden, dass die Tanne in der Tannenwaldstufe des WR2 die stetigste (vgl. untere Begrenzung der Boxen in Abbildung 4b) und die Buche die häufigste Baumart war (vgl. Median in Abbildung 4b). In der Tannenwaldstufe des WR8 hingegen war die Fichte die häufigste Baumart (Abbildung 4). Sie wurde dort in rund der Hälfte der PF innerhalb eines Radius von 5 m (maximal 8 m wurden abgesucht; Abbildung 4b), aber nur in rund einem Viertel der PF innerhalb des 2-m-Kreises (Abbildung 4a) gefunden. Ahorn und Buche waren deutlich seltener, aber immerhin lag bei etwas mehr als einem Viertel der PF die mit der 2-Baum-Methode berechnete Dichte über 0/ha (vgl. obere Boxbegrenzung in Abbildung 4b). Die Tanne wurde nur in einzelnen PF gefunden (vgl. die Ausreisser, dargestellt als Punkte, in Abbildung 4).

Mittels der Dichten je PF kann auch eine mittlere Verjüngungsdichte berechnet werden. Die resultierenden Werte der beiden Methoden waren nicht identisch, die Grössenordnungen stimmten aber sehr gut überein (Tabelle 2). Häufigste Baumart ist im WR2 klar die Buche, im WR8 dagegen die Fichte. Sehr ähnlich waren die berechneten Werte für die Buche und die Fichte im WR2 sowie für die Tanne im WR8. Die Werte für den Ahorn und speziell für die Fichte im WR8 divergierten proportional deutlich stärker (Tabelle 2). Diese Unterschiede lassen sich nicht durch die Anzahl gemessener Baumindividuen erklären (Tabelle 1), sondern sind

auf eine unterschiedliche Verteilung der Bäumchen innerhalb der PF zurückzuführen.

Vergleich der Anteile an PF mit Verjüngung

Nebst der Dichte ist die räumliche Verteilung der Verjüngung wichtig. Einerseits wurde mittels der Daten der 2-m-Kreise der Anteil der PF mit Verjüngung einer Art an allen PF berechnet. Andererseits wurde der Flächenanteil der mit Bäumchen einer bestimmten Art besetzten Fläche mittels der nächsten Bäumchen ausgerechnet (also eigentlich 1-Baum-Methode). Die für die Tannenwaldstufe errechneten Anteile in den 2-m-Kreisen lagen immer deutlich unter den Flächenanteilen (Tabelle 3). Der Unterschied ist, wie bei den kleinen Dichten, auf die Suchdistanzen zurückzuführen. Um dies zu zeigen, wurde nachträglich (über die Dichteberechnung) die Suchdistanz auf 2 m zurückgesetzt. Die so approximierten Flächenanteile der mit Pflanzen einer bestimmten Art besetzten Fläche waren nur wenig kleiner als die entsprechenden Anteile der PF mit Verjüngung aus den 2-m-Kreisen (Tabelle 3). Die Werte wären bei Verwendung von gleich grossen Radien wie Suchdistanzen im Wald exakt identisch. Dieses Resultat verdeutlicht die Bedeutung der Festlegung des Suchradius. Wäre als minimales Verjüngungsziel beispielsweise ein Flächenanteil von 10% je Baumart festgelegt worden, dann wäre dieses Ziel unter Verwendung eines maximalen Suchradius von 8 m in der Tannenwaldstufe des WR8 auch für die Tanne erfüllt, hingegen nicht bei einem Suchradius von nur 2 m (unabhängig von der Methode).

Vergleich von Verbissintensität und Flächenanteil verbissener Bäumchen

Die klassische Verbissintensität nach Eiberle & Nigg (1987) kann nur mit den Daten des 2-m-Kreises berechnet werden (Abbildung 5a). Mit den nächsten Bäumchen kann ein Flächenanteil der verbissenen Bäumchen einer Art an der mit dieser Art besetzten Fläche berechnet werden. Hierfür wird jeweils nur das nächste Bäumchen der Art zum PF-Zentrum verwendet (k=1). Deshalb ist bei dieser Methode eine grössere Anzahl PF mit Verjüngung

Baumart	Anteil Probeflächen mit Verjüngung		Flächenanteil, den eine Baumart besetzt			
	2-m-Kreis-Methode (2 m Radius)		2-Baum-Methode (approx. 2 m Suchdistanz)		Nächste-Bäumchen-Methode (5 m Suchdistanz für Laubbäume, 8 m für Nadelbäume)	
	Wildraum 2	Wildraum 8	Wildraum 2	Wildraum 8	Wildraum 2	Wildraum 8
Ahorn	39.6	23.8	37.7	19.2	54.5	35.4
Buche	51.3	15.4	48.1	14.6	70.8	27.7
Fichte	40.3	36.2	35.7	33.1	74.0	73.8
Tanne	48.1	8.5	46.1	6.9	79.9	16.2

Tab 3 Anteil der 2-m-Kreis-Probeflächen mit Verjüngung der betreffenden Baumart in der Tannenwaldstufe und Flächenanteil, der mit Pflanzen der betreffenden Baumart besetzten Fläche, berechnet mittels der nächsten Bäumchen. Approximiert über die Dichte wurde der Flächenanteil, wenn nur 2 m statt 5 m oder 8 m abgesucht worden wären. Total entsprachen 154 PF im WR2 und 130 PF im WR8 in der Tannenwaldstufe den Kriterien zur Beurteilung des Verbisseeinflusses. Einbezogene Höhenklassen: HK1–HK4.

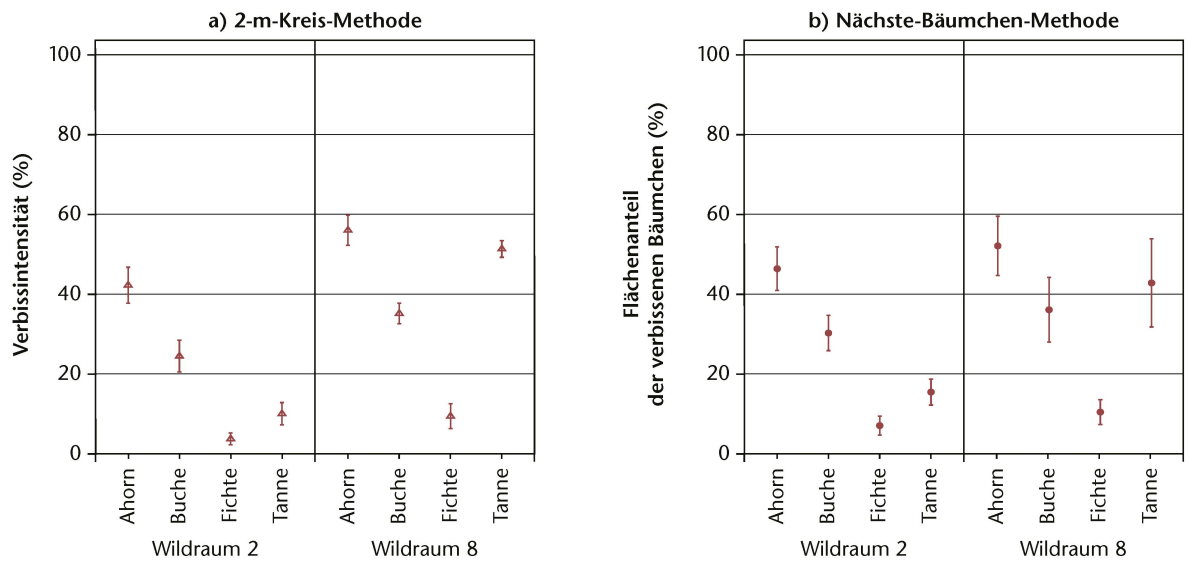


Abb 5 a) Klassische Verbissintensität inklusive Vertrauensintervall, berechnet mit den Bäumchen aus den 2-m-Kreisen, und **b)** Flächenanteil der verbissenen Bäumchen einer Art an der von dieser Art besetzten Fläche inklusive Standardfehler, berechnet mit dem nächsten Bäumchen je Art und Probefläche, für die Tannenwaldstufe in den Wildräumen 2 und 8. Einbezogene Höhenklassen: HK1–HK4.

wichtig. Je kleiner die Flächenanteile der mit Bäumchen einer bestimmten Art besetzten Fläche waren, also je punktueller/geklumpter die Art vorkam, desto grösser waren die Fehler beim Flächenanteil der verbissenen Bäumchen (siehe den Fehlerbalken in Abbildung 5b).

Im Beispiel der Tannenwaldstufe unterscheiden sich die Verbissintensitäten (Abbildung 5a) nicht signifikant von den Flächenanteilen verbissener Bäumchen (Abbildung 5b). Generell gilt aber, dass PF mit vielen Bäumchen in der Verbissintensität viel stärker gewichtet werden als im Flächenanteil verbissener Bäumchen. Bei Flächenanteilen wird jede PF genau gleich gewichtet, nämlich mit dem nächsten Bäumchen der entsprechenden Baumart (und eventuell HK, wenn der Flächenanteil je HK ausgerechnet wird). Bei der Verbissintensität wird hingegen jeder Baum gleich gewichtet. Kommen die Bäumchen sehr punktuell und geklumpt vor, dann entscheiden einzelne «Ausreisser»-PF mit viel Verjüngung über die Höhe der Verbissintensität.

Verteilung der Bäumchen in Höhenklassen

Neben den bisher beschriebenen Angaben wird meist erwartet, dass das Vorhandensein der einzelnen Baumarten pro HK dargestellt werden kann. Wenn bei den Aufnahmen im Kreis die Bäumchen verschiedenen HK zugeteilt wurden, kann die Anzahl Bäumchen je HK und Art leicht ausgerechnet werden. Damit kann bei wiederholten Aufnahmen betrachtet werden, ob die Bäumchen im Laufe der Zeit in höhere HK aufwachsen konnten. Dies ist allerdings nur möglich, wenn der ganze Vollkreis oder derselbe Anteil einer Fläche aufgenommen wurde (also z.B. bis zum «gleichen» Azimut in einem Kreis), aber nicht, wenn jedes Jahr nach der 30. Pflanze ab-

gebrochen wurde oder wenn die PF-Grösse geändert hat. Statt der Anzahl kann auch die Dichte je HK und PF berechnet werden (Abbildung 6a). Da bei der Dichte die Fläche einfließt, reagiert die Dichte etwas weniger sensibel auf ungleiche PF-Größen als die Anzahl.

Mit der 2-Baum-Methode kann die Anzahl Bäumchen nicht dargestellt werden. Gezeigt werden kann dagegen 1) das Vorkommen in Kategorien, also «Absenz», «1 Bäumchen» und «≥ 2 Bäumchen», und/oder 2) die approximierte Dichte je HK und PF. Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei wiederholten Aufnahmen nicht zwingend dieselben Bäumchen vermessen werden, sondern jeweils die nächsten je HK. Bei dieser Methode wird vorausgesetzt, dass die zwei nächsten Bäumchen umso näher zum PF-Zentrum stehen, je mehr Bäumchen einer Art und HK vorhanden sind (also je höher die Dichte ist). Natürlich ist dies nicht immer der Fall (und deshalb auch die Schätzfehler bei der Dichte), aber in den meisten Fällen dürfte dies zutreffen. Die so approximierten Dichten je HK sind vergleichbar mit den Dichten aus den 2-m-Kreisen (vgl. Abbildung 6), bzw. es gelten dieselben Bemerkungen bezüglich des Einflusses der Radien bzw. Suchdistanzen wie oben beim Vergleich der Baumdichten beschrieben.

Durchwuchszeit und verbissbedingte Änderung im Höhenzuwachs

Zur Schätzung der Durchwuchszeiten und der Höhen- und Zuwachsverluste durch Verbiss und damit der Änderungen im relativen Zuwachs der verschiedenen Baumarten untereinander müssen die Endtriebe und die Baumhöhen gemessen werden. Mittels der 2-Baum-Methode werden je HK (sofern vorhanden) zwei Bäumchen vermessen. Damit lässt

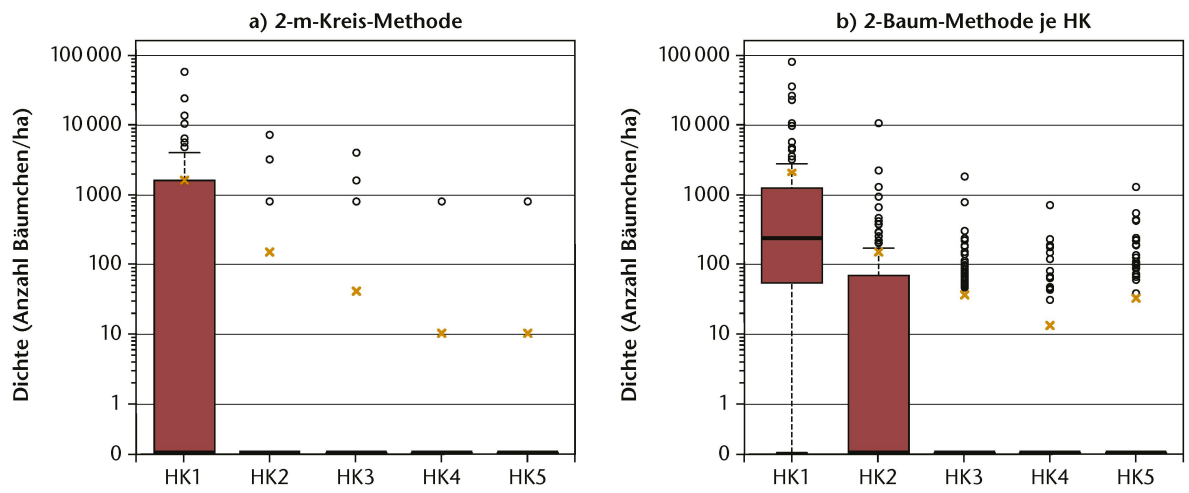


Abb 6 Tannendichte je Höhenklasse (HK) für den Wildraum 2, berechnet mit a) den Daten der 2-m-Kreise und b) der 2-Baum-Methode je HK. Zusätzlich angegeben (gelbe x) ist die mittlere Tannendichte je Probefläche (Mean of Ratio). Erläuterungen zu den Box-Plots: vgl. Abbildung 4. Man beachte die Log-Skala.

sich das Wachstum je HK und Art einschätzen und somit die Zeitspanne, wie lange die einzelnen Baumarten durch wildlebende Huftiere am Endtrieb verbissen werden können (vgl. Kupferschmid & Gmür 2020, dieses Heft). Ebenso können die Höhenzuwächse der verschiedenen Baumarten mit und ohne Verbiss verglichen werden und damit verbissbedingte Änderungen festgestellt werden (Kupferschmid & Gmür 2020, dieses Heft).

In 2-m-Kreis-Aufnahmen können selbstverständlich auch bei allen Bäumchen der Endtrieb und die genaue Baumhöhe vermessen werden. Aber der zeitliche Aufwand wäre bei viel Verjüngung unverhältnismässig gross, weshalb in dieser Pilotaufnahme darauf verzichtet wurde.

Diskussion

Probeflächenauswahl und Zeitaufwand

Im Pilotprojekt wurde rund ein Viertel der Waldfläche des Kantons St.Gallen – also rund 15 100 ha Wald – in teils schwierigem Gelände untersucht. Damit der Arbeitsaufwand für weitere Aufnahmen reduziert werden kann, empfehlen wir, möglichst viele der nicht aufzunehmenden PF (z.B. Gebüschwald) gestützt auf Bestandeskarten, Luftbilder oder die Ortskenntnisse der Förster (Zugänglichkeit) im Vorhinein auszuschliessen. Mit einer optimierten Erfassungsmaske könnten die Aufnahmezeit und der Zeitbedarf für die Administration und die Datenaufbereitung deutlich gesenkt werden. Zudem liessen sich Fehlerquellen vermeiden. Ein konsequenter Einsatz von elektronischen Distanzmessgeräten (wie Vertex) erleichtert die Messungen der Distanzen.

Die Wegzeit kann nicht beeinflusst werden, wäre aber in gut erschlossenen Wäldern deutlich kürzer. Die Aufnahmen sollten aus Zeitgründen ein-

zeln erfolgen. In gefährlichen Gebieten ist eine Aufnahme zu zweit allerdings zwingend und während der Einarbeitung sehr empfehlenswert. Aus Effizienzgründen sollten die Aufnahmen von möglichst wenigen Personen durchgeführt werden. Bei Folgeerhebungen fällt die Markierung und Versicherung der PF weg, was schätzungsweise rund zehn Minuten einsparen dürfte. Um den Zeitaufwand für die Revierförster besser zu verteilen, wäre auch eine gestaffelte Aufnahme über zwei Jahre denkbar. Allerdings müsste die Verteilung der PF systematisch oder zufällig sein und keinesfalls geklumpt infolge der jährlichen Witterungsunterschiede.

Aufnahmemethode je Probefläche

Wie schon Huber et al (2018) gezeigt haben, ist nicht so sehr die Methode, sondern vielmehr der abgesuchte Radius bzw. die maximale Suchdistanz, für die Berechnung der Verjüngungsdichte und des Anteils an PF mit Verjüngung entscheidend. Tabelle 4 zeigt beispielhaft die kleinstmögliche detek-

Radius bzw. Suchdistanz (m)	Dichte bei einem Baum (Anzahl/ha)
1.00	3183
1.13	2493
1.26	2005
1.50	1415
2.00	796
2.12	708
4.00	199
5.00	127
8.00	50
10.00	32

Tab 4 Kleinste Dichte, die je Probefläche nachgewiesen werden kann. Angenommen wird eine kreisförmige Probefläche mit unterschiedlichem Radius bzw. die 2-Baum-Methode mit unterschiedlichem Suchradius.

tierbare Dichte bei unterschiedlichen PF-Grössen. Seltene Baumarten werden bei grösseren Radien bzw. Suchdistanzen öfter aufgefunden. Ein Verjüngungssollwert von zum Beispiel 50 Bäumchen pro Hektare kann mit einer Vollkreisaufnahme – nötig wäre eine Aufnahme aller Bäumchen innerhalb eines Radius von 8 m (=200 m² Fläche) – infolge des immensen Arbeitsaufwandes beim Absuchen der Fläche und der Aufnahmefehler im Wald (irrtümliche Nicht- oder Doppelzählung, speziell bei hoher Dichte), nicht praktikabel nachgewiesen werden. Ein Aufnahmeverfahren, das die abzusuchende Fläche an die Dichte anpasst, ist deshalb wünschenswert. Die Methode mit den zum Probeflächenzentrum nächstgelegenen Bäumchen je Art und Höhenklasse löst dies auf eine im Wald leicht anwendbare, reproduzierbare, objektive und statistisch gut auswertbare Art und Weise. So konnte in dieser Pilotstudie ein Sollwert von 50 Tannen pro Hektare mittels der 2-Baum-Methode problemlos untersucht werden. Da zusätzlich die Resultate vergleichbar waren, könnte in Folgeaufnahmen oder in Aufnahmen von anderen WR auf die 2-m-Kreise verzichtet werden.

Mit der 2-Baum-Methode, angewendet je HK und Art, konnten die Endtrieblängen vieler Bäumchen gemessen und damit die Zuwachsverhältnisse der Baumarten untereinander verglichen sowie die Durchwuchszeiten berechnet werden (vgl. Kupferschmid & Gmür 2020, dieses Heft). Damit liefert die 2-Baum-Methode deutlich mehr Informationen zum Verbisseinfluss als die 2-m-Kreis-Methode. Theoretisch könnten im 2-m-Kreis auch bei allen Bäumchen die Endtriebe vermessen werden. Aber der Aufwand ist unverhältnismässig gross. Hinzu kommen die Probleme mit der Wahl der PF-Grösse (Tabelle 4), wenn ganze WR mit einem systematischen PF-Netz untersucht werden, wo die Wahrscheinlichkeit für unterschiedliche Baumdichten gross ist. Die Methode mit der Vermessung der nächsten zwei Bäumchen je HK und Art bietet eine objektive und verhältnismässige Reduktion des Aufwandes auf das Minimum.

Das Weglassen der 2-m-Kreis-Aufnahmen würde vor allem in stammzahlreichen Verjüngungen erheblich Zeit einsparen. Dafür müssten natürlich nicht nur von den sieben in dieser Pilotstudie ausgewählten Arten (Fichte, Tanne, Föhre, Buche, Ahorn, Eiche, Linde) die nächsten zwei Bäumchen je HK gemessen und beurteilt werden, sondern von allen vorhandenen Baumarten. Im Kanton St. Gallen dürften die Esche, die Ulme und die Vogelbeere einen ähnlichen Aufnahmearbeit aufwand zur Folge haben wie etwa der Ahorn. Aber die Arbeiten im Wald dürften trotzdem schneller gehen und vor allem weniger anfällig auf Fehler sein, da nur eine Aufnahmemethode konsequent durchgezogen werden müsste.

Fazit

Wir hoffen, mit diesen Ausführungen gezeigt zu haben, dass die Methode mit der Vermessung der dem Probeflächenzentrum nächstgelegenen zwei Bäumchen je Baumart und HK nicht nur eine objektive Basis zur Beurteilung des Verbisseinflusses bildet, sondern auch brauchbare und mit früheren Methoden vergleichbare Resultate zur Verjüngungsdichte, zur Verteilung der Bäumchen in HK (trotz dem kleinen Schätzfehler) sowie zum Anteil PF mit Verjüngung (Flächenanteile ohne Schätzfehler) liefert. Die Methode mit den nächsten Bäumchen gewichtet jede PF gleich, die 2-m-Kreis-Methode hingegen jeden Baum. Der Flächenanteil verbissener Bäumchen widerspiegelt somit die Verbissituation im Raum, wohingegen die Verbissintensität stärker vom Verbiss in stammzahlreichen PF geprägt ist. Als Datengrundlage für die Wald-Wild-Diskussion zwischen Kantonsforstämtern und Jagdverwaltungen eignet sich deshalb die 2-Baum-Methode, angewendet je Baumart und HK, sehr gut.

Wir möchten aber darauf hinweisen, dass lange Datenreihen für Erfolgskontrollen zentral sind. Bestehende Inventurmethode sollten nicht ersetzt werden ohne Übergangsphase mit parallelen Aufnahmen von beiden Methoden. Vergleiche sind bereits schwierig, wenn schon nur der Radius von zum Beispiel 2.12 m (zweites Landesforstinventar, LFI2; Stierlin et al 1994) auf 1.5 m (LFI4; Keller 2013) reduziert wird, weil damit die zeitliche Entwicklung bei Baumarten mit Dichten zwischen rund 700 und 1400 Bäumchen pro Hektare kaum interpretierbar ist (Tabelle 4). Es ist deshalb eine fundierte Diskussion über die aufzunehmenden Merkmale (z.B. den Höhenzuwachs), die nachzuweisenden Sollwerte oder Flächenanteile und damit über die Suchdistanzen nötig. Insbesondere sollte ein Aufnahmesystem nicht dann gewechselt werden, wenn «neue» oder «verstärkte» Massnahmen (z.B. infolge von Wald-Wild-Konzepten) ergriffen werden. Sonst ist unklar, ob die Methodenänderung oder die erfolgten Massnahmen zur Veränderung geführt haben. ■

Eingereicht: 30. September 2019, akzeptiert (mit Review): 20. Januar 2020

Literatur

- EIBERLE K, NIGG H (1987) Grundlagen zur Beurteilung des Wildverbisses im Gebirgswald. Schweiz Z Forstwes 138: 747–785. doi: 10.5169/seals-766065
- HUBER M, SCHWYZER A, KUPFERSCHMID AD (2018) A comparison between plot-count and nearest-tree method in assessing tree regeneration features. Curr Trends For Res CTR-122.
- KELLER M, EDITOR (2013) Schweizerisches Landesforstinventar, Feldaufnahmeanleitung 2013. Birmensdorf: Eidgenöss. Forschungsanstalt WSL. 223 p.
- KLEINN C, VILČKO F (2006A) Design-unbiased estimation for point-to-tree distance sampling. Can J For Res 36: 1407–1414.

- KLEINN C, VILČKO F (2006B) A new empirical approach for estimation in k-tree sampling. For *Ecol Manage* 237: 522–533.
- KLEINN C, VILČKO F, FEHRMANN L, HRADETZKY J (2009) Zur Auswertung der k-Baum-Probe. *Allg Forst- Jagdztg* 180: 228–237.
- KUPFERSCHMID AD (2018) Selective browsing behaviour of ungulates influences the growth of *Abies alba* differently depending on forest type. For *Ecol Manage* 429: 317–326.
- KUPFERSCHMID AD (2019) Verjüngungskontrolle St. Gallen: Auswertungen zur Piloterhebung 2018 in den Wildräumen 2 und 8. Birmensdorf: Eidgenöss Forsch.anstalt WSL. 103 p.
- KUPFERSCHMID AD, GMÜR PA (2020) Einschätzung des Verbisseinflusses in zwei Wildräumen des Kantons St. Gallen. *Schweiz Z Forstwes* 171: 79–90. doi: 10.3188/szf.2020.0079
- KUPFERSCHMID AD, BRANG P, BUGMANN H (2019A) Abschätzung des Einflusses von Verbiss durch wildlebende Huftiere auf die Baumverjüngung. *Schweiz Z Forstwes* 170: 125–134. doi: 10.3188/szf.2019.0125
- KUPFERSCHMID AD, BÜTIKOFER L, HOTHORN T, SCHWYZER A, BRANG P (2019B) Quantifying the relative influence of terminal shoot browsing by ungulates on tree regeneration. For *Ecol Manage* 446: 331–344.
- KUPFERSCHMID AD, WUNDER J, GMÜR P (2018) VEKO – Verjüngungskontrolle St. Gallen, Pilotphase 2018. Birmensdorf: Eidgenöss Forsch.anstalt WSL. 24 p.
- MAGNUSSEN S (2012) A new composite k-tree estimator of stem density. *Eur J For Res* 131: 1513–1527.
- MAGNUSSEN S, KLEINN C, PICARD N (2008) Two new density estimators for distance sampling. *Eur J For Res* 127: 213–224.
- ODERMATT O, RÜEGG D (2007) Planung im Bereich Wald-Wild – Verbissprozente im Praxistest. *Wald Holz* 88 (4): 55–57.
- PEPPER H (1998) Nearest neighbour method for quantifying wildlife damage to trees in woodland. Edinburgh: Forestry Commission, Practice Note 1. 6 p.
- RÜEGG D, NIGG H (2003) Mehrstufige Verjüngungskontrollen und Grenzwerte für die Verbissintensität. *Schweiz Z Forstwes* 154: 314–321. doi: 10.3188/szf.2003.0154
- SCHNYDER J, EHRBAR R, REIMOSER F, ROBIN K (2016) Huftierbestände und Verbissintensitäten nach der Luchswiederansiedlung im Kanton St. Gallen. *Schweiz Z Forstwes* 167: 13–20. doi: 10.3188/szf.2016.0013
- STIERLIN HR, BRÄNDLI UB, HEROLD A, ZINGGELER J (1994) Schweizerisches Landesforstinventar. Anleitung für die Feldaufnahmen der Erhebung 1993–1995. Birmensdorf: Eidgenöss Forsch.anstalt WSL. 204 p.

Méthodes pour estimer l'influence de l'abroustissement: comparaison des mesures sur les k arbres les plus proches avec les comptages par placette

Au printemps 2018, une étude pilote a été menée dans deux zones de gestion du gibier du canton de Saint-Gall afin d'estimer l'influence de l'abroustissement des ongulés sur la régénération. Dans cette étude, 903 placettes d'échantillonnage en tout ont été examinées dans un quadrillage systématique. Pour chaque placette, tous les arbres entre 10 cm de hauteur et 4 cm de diamètre à hauteur de poitrine ont été enregistrés dans un cercle de 2 m, et les deux arbres les plus proches du centre de la placette ont été mesurés pour chacune des espèces et des classes de hauteur. La comparaison entre les deux méthodes porte sur la densité des arbres, la proportion de la placette avec régénération, la distribution des arbres dans les classes de hauteur, ainsi que sur l'intensité de l'abroustissement par rapport à la proportion de la surface des arbres abroustis et d'autres variables importantes. Pour le calcul de la densité des arbres et de la proportion de placette avec régénération, le rayon du cercle et la distance maximale de recherche sont décisifs. La méthode avec les arbres les plus proches permet d'adapter la surface à examiner à la densité de la régénération, de mesurer un nombre minimal d'arbres, elle est facile à appliquer dans la forêt, est objective et reproductible et statistiquement, les surfaces occupées sont des estimateurs asymptotiquement non biaisés. La méthode des arbres les plus proches appliquée par espèce et par classe de hauteur dans un quadrillage systématique fournit des informations plus détaillées pour estimer l'impact de l'abroustissement sur la régénération existante. Elle est donc préférable à la méthode du comptage par placette utilisée précédemment dans les zones indicatrices.

Methods for estimating the influence of browsing: comparison of the measurements on the k nearest trees with plot-count sampling

In spring 2018 a pilot study was carried out in two wildlife areas of the canton of St. Gallen to estimate the influence of ungulate browsing on tree regeneration. In this study, a total of 903 sample plots were examined in a systematic grid. In each plot, all trees between 10 cm height and 4 cm diameter at breast height were assessed in a circle with a 2 m radius (plot-count method) and the two trees closest to the plot centre were measured for each species and height class (nearest-tree method). The two methods were compared regarding the tree density, the proportion of plots with regeneration, and the height-class distribution of the trees, as well as the browsing intensity or proportion of stand area occupied by browsed trees and other important variables. For the calculation of the tree density and the proportion of plots with regeneration, the radius (plot-count method) and the maximum search distance (nearest-tree method) were found to be decisive. The nearest-tree method adapts the area to be searched to the sapling density, requires the measurement of only a minimum number of trees, is easy to apply in the forest, and is objective and reproducible. From a statistical perspective, the occupied areas identified with this method are asymptotically unbiased estimators. Overall, our findings demonstrate that the nearest-tree method, applied to each tree species and height class in a systematic grid, provides more detailed information for estimating the impact of browsing on the existing saplings and is therefore preferred to the plot-count method previously used in indicator areas.