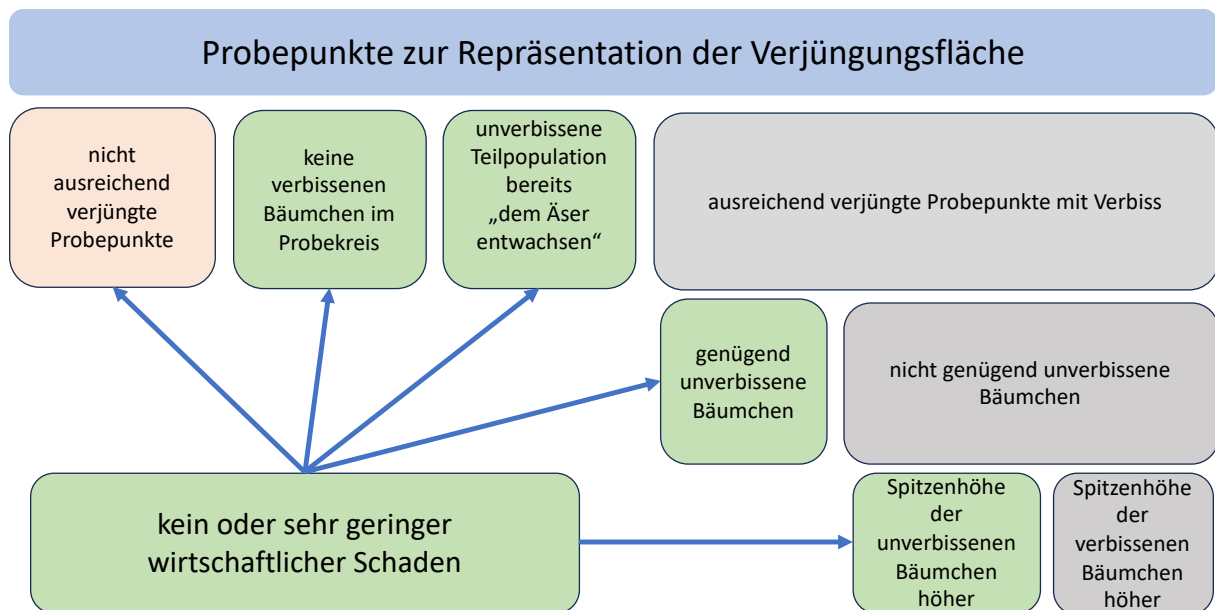


Inventur in Waldverjüngungen zur Beurteilung von Schäden durch Verbiss

Konzeption, Durchführung, Auswertung und Hinweise zur
finanziellen Bewertung

Eine Arbeitshilfe



Martin Moog und Joachim Reddemann

Vorbemerkung

Bei dem vorliegenden Text handelt es sich um eine leicht überarbeitete, ergänzte und aktualisierte Fassung einer von den beiden Autoren verfassten und vom Landesjagdverband Bayern – Bayerischer Jagdverband e.V. herausgegebenen Broschüre mit identischem Titel, ISBN 978 – 3 00 043630 – 7, gestaltet von Michael Berwanger/Tausendblauwerk, Dachau, die hier hier als BJV-Broschüre Inventur in Waldverjüngungen zitiert wird. Aktualisiert wurde die Tabelle mit den erntekostenfreien Abtriebswerten im Anhang, die der Waldbewertungsrichtlinien des Landes Nordrhein-Westfalen entnommen wurden.

München, Juli 2026

Inventur in Waldverjüngungen zur Beurteilung von Schäden durch Verbiss

Konzeption, Durchführung, Auswertung und Hinweise zur finanziellen Bewertung

Inhalt

Grundsätzliches zur Gestaltung von Verjüngungsinventuren.....	1
Bestimmung der Dichte einer Baumpopulation.....	3
Bedeutung der höchsten Bäumchen einer Verjüngung.....	4
Massenzuwachs, Wertzuwachs und Verbiss.....	4
Probekreisgrößen	6
Unverbissene und verbissene Population aufnehmen	6
Prognose der Höhenentwicklung	7
Behandlung der Mischung von Baumarten.....	7
Fazit der Überlegungen zum Design der Inventur	7
Konkreter Verfahrensvorschlag.....	8
Dichte der Verjüngung.....	11
Beurteilung	11
Berücksichtigung der Höhen	14
Prognose der Höhenentwicklung der Verjüngung	15
Zusammenfassung der Diagnose für das Beispiel	19
Ein Ansatz zur finanziellen Bewertung von Verbiss	21
Quellen und Literaturhinweise.....	24
Anhang	26
Aufnahmeformular Quelle: BJV-Broschüre Inventur in Waldverjüngungen, Seite 30.....	26
Auszug aus Anlage I der Richtlinien zur Waldbewertung im Lande Nordrhein-Westfalen – Konventionslösung 2025, Abtriebswerte werbungskostenfrei im Alter der Umtriebszeit (Werte in € pro Hektar), jeweils Wertklasse 3 (mittlere Qualität).	27
Formular zur Abschätzung der finanziellen Folgen einer Wachstumsverzögerung mit einem Beispiel und als Formular zum Ausfüllen.....	28

Grundsätzliches zur Gestaltung von Verjüngungsinventuren

Inventuren kann man als Vollerhebungen oder unter Verwendung von Stichproben durchführen. Bei Vollerhebungen in Waldverjüngungen müssen die relevanten Merkmale an allen Bäumchen aufgenommen werden. Dies kommt wegen des damit verbundenen Aufwands nur in Ausnahmefällen in Betracht, insbesondere bei sehr kleinen Flächen.

In den meisten Fällen wird man aus den Ergebnissen von Stichproben auf die gesamte Verjüngungsfläche schließen müssen. Die Gestaltung einer Stichprobe muss den Zweck der Erhebung und die Rahmenbedingungen berücksichtigen. Der Zweck einer Erhebung ist besonders bedeutend für die Auswahl der zu erhebenden Merkmale. Um die Kosten einer Inventur gering zu halten, sollte die Anzahl der insgesamt aufgenommenen Bäumchen relativ gering ausfallen.

Es geht bei der Verjüngungsinventur nicht um die Aufnahme von einzelnen Bäumchen, sondern um die Aufnahme von Merkmalen der Verjüngung im Sinne einer Baumpopulation. In aller Regel ist die Verjüngung als Baumpopulation die Betrachtungseinheit, wenn Wildschäden an Waldbeständen zu beurteilen sind. Die zu beantwortenden Fragen richten sich auf die Beeinflussung der Entwicklung der Baumpopulation nach Höhe bzw. Höhenzuwachs oder Holzproduktion bzw. Holzzuwachs und im Falle von Baumartenmischungen auch der Baumartenzusammensetzung. Darüberhinaus sollen die Inventuren eine Grundlage für die Schätzung der wirtschaftlichen Folgen des Verbisses bilden, insbesondere wenn Forderungen nach einem finanziellen Ausgleich für die Beschädigungen von Bäumchen durch Wild im Raum stehen.

Populationen junger Bäume weisen eine mehr oder weniger starke Streuung der Baumhöhen auf und auch die Populationsdichte in der Verteilung auf die Fläche zeigt meistens ebenfalls eine mehr oder weniger starke Streuung. Dazu sind auch die beschädigten Bäumchen in der Regel nicht gleichmäßig auf die Verjüngungsfläche verteilt, sondern deren Dichte weist auch eine Streuung auf. Bedenkt man diese Inhomogenitäten von Waldverjüngungen, ist unmittelbar klar, dass die Beurteilung und Bewertung der Wirkung von Beschädigungen an Bäumchen sich vernünftigerweise nicht auf eine Kennzahl wie den Prozentsatz der beschädigten an allen Bäumchen (Verbissprozent) stützen kann. Vielmehr drängt sich die Überlegung auf, dass eine zur Beurteilung von Verbisswirkungen auf die Populationsentwicklung konzipierte Inventur so angelegt werden sollte, dass für die jeweiligen Probepunkte festgestellt werden kann, ob (und wie) die Waldentwicklung am Probepunkt durch die Beschädigungen beeinflusst wird.

Da die Entwicklung von Waldverjüngungen in erster Linie von den höchsten Bäumchen bestimmt wird, sollte diesen eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Dies erscheint im Hinblick auf die Aussagefähigkeit der Ergebnisse geboten und trägt ggf. gleichzeitig dazu bei, die Kosten der Inventur gering zu halten. Folglich sollte eine Inventur die höchsten Bäumchen erfassen und auch die absolute Höhe sollte als wichtiges Merkmal aufgenommen werden. Es ist schließlich eine banale Feststellung, dass Verbiss auf Teilflächen, auf denen schon eine ausreichende Anzahl von Bäumchen eine Höhe erreicht hat,

durch die sie keinem Wipfeltriebverbiss mehr unterliegen können, die Waldentwicklung kaum mehr negativ beeinflussen kann, so dass auch keine wirtschaftlichen Nachteile mehr entstehen können.

Die Länge der Jahrestriebe (Wipfeltriebe, Terminaltriebe), der Höhenzuwachs, ist entscheidend für den Zeitraum, bis die Bäumchen „aus dem Äser gewachsen“ sind. Daher ist dies ein wichtiges Merkmal für die Beurteilung der Wirkung von Verbiss, welches bei der Inventur erfasst werden sollte.

Die Wirkung von Verbiss ist von der Dichte der Population der jungen Bäumchen (Pflanzen pro Flächeneinheit) abhängig. Daher sollte eine Stichprobeninventur auch Aussagen über die Populationsdichte an den einzelnen Probepunkten erlauben.

Die Verjüngungsfläche muss von einer Inventur befriedigend repräsentiert werden. Weil die Verjüngungen oft inhomogen sind im Hinblick auf die Baumhöhen und die Populationsdichte sollte die Anzahl der Probepunkte relativ hoch sein. In Kombination mit der Bemühung, relativ wenige Bäumchen aufnehmen zu müssen, wird man daher die Zahl der an jedem Probepunkt aufzunehmenden Bäumchen zweckmäßigerweise gering halten.

Unter statistischen Gesichtspunkten hat die zufällige Auswahl der in eine Stichprobe fallenden Merkmalsträger (Zufallsstichprobe) Vorteile. Bei Inventuren im Wald wählt man aus praktischen Gründen jedoch eher systematische Stichproben. Bei Verjüngungsinventuren bedeutet dies, dass man ein Netz von Probepunkten über eine Fläche legt oder ggf. die Reihenstruktur gepflanzter Waldbestände zu einer systematischen Auswahl nutzt.

Von großer Bedeutung ist die Wahl der Anzahl der Probepunkte. Es soll durch die Stichprobe eine befriedigend sichere Aussage für die gesamte Verjüngung getroffen werden (statistische Sicherheit der Befunde). Die dafür notwendige Anzahl von Probepunkten ist von der Streuung der relevanten Eigenschaften und von der Größe der Gesamtpopulation abhängig. Da die Streuungen vor Durchführung von Stichproben oft nur grob eingeschätzt werden können, helfen die statistischen Formeln zur Bestimmung der notwendigen Stichprobenzahl in der Praxis oft nicht. Das gilt auch für Verjüngungsinventuren. Deshalb muss man sich mit Schätzungen und Faustzahlen helfen.

Zwei Gesichtspunkte sind wichtig. Erstens geht es um die Repräsentation der Verjüngungsfläche als ganzer. Dies verlangt eine gewisse Mindestanzahl von Stichproben. Zweitens geht es um eine ausreichende Anzahl von Stichproben pro Flächeneinheit, weil die Verjüngungsflächen nicht homogen sind. Es kommen nicht nur zufällige Variationen vor, sondern systematische. Beispielsweise kann die Verjüngung im Osten im Durchschnitt höher sein als im Westen einer Fläche. Der erste Gesichtspunkt legt es nahe, eine Gesamtzahl von 30 Stichproben nicht oder nicht wesentlich zu unterschreiten. Der zweite Gesichtspunkt spricht dafür, auch bei verhältnismäßig großen Verjüngungsflächen (mehrere Hektar) in Abhängigkeit von der Homogenität eine Zahl von 10 bis 20 Probepunkten pro Hektar nicht zu unterschreiten. Die folgende Tabelle zeigt für Gitternetze mit unterschiedlichem Abstand zwischen den Aufnahmelinien und unterschiedlichem Abstand der Probepunkte auf den Linien die sich ergebende Anzahl der Probepunkte pro Hektar.

		Abstand der Probepunkte auf der Linie					
		10 m	15 m	20 m	25 m	30 m	50 m
Abstand der Probepunkte zwischen den Linien	10 m	100	67	50	40	33	20
	15 m	67	44	33	27	22	13
	20 m	50	33	25	20	17	10
	25 m	40	27	20	16	13	8
	30 m	33	22	17	13	11	7
	50 m	20	13	10	8	7	4

Tabelle 1: Anzahl der Probepunkte pro Hektar für Gitternetze mit verschiedenen Abständen der Reihen und in den Reihen. Die Berechnung erfolgt, indem die Fläche eines Hektars (10.000 m²) durch die Fläche dividiert wird, die sich aus den beiden Abständen durch Multiplikation ermittelt. Quelle: BJV-Broschüre Inventur in Waldverjüngungen, Seite 6.

Da die Beurteilung von Verbiss sehr oft in der Situation eines Interessenkonflikts erfolgt, ist ein wichtiger Gesichtspunkt der Verfahrenswahl die Manipulationssicherheit. Würde man z.B. nur einen Baum pro Probepunkt aufnehmen, könnte durch die Verlegung des Probepunktes um wenige Zentimeter das Ergebnis beeinflusst werden. Eine auf Zentimeter genaue Einmessung von Probepunkten ist aber unter den Bedingungen im Wald nicht möglich. Wegen der Möglichkeit zur Nachprüfung der Aufnahmen ist es ggf. notwendig, die Aufnahmepunkte, ggf. auch die aufgenommenen Bäumchen zu kennzeichnen.

Bestimmung der Dichte einer Baumpopulation

Für die Beurteilung der Wirkung von Verbiss auf eine Verjüngung ist die Bestimmung der Dichte der unverbissenen Teilpopulation und der verbissenen Teilpopulation nötig. Dies könnte durch Auszählung von Pflanzenzahlen in Probekreisen mit festgelegtem Durchmesser erfolgen (Vorschlag der FVA Freiburg, vgl. Suchant und Burghardt 2003). Die Probekreise mit festem Durchmesser besitzen aber den Nachteil, daß in dichten Verjüngungen sehr viele Pflanzen im Probekreis aufgenommen werden müssen. Das ist zeitaufwendig und teuer, aber für die Auswertung ggf. von sehr geringer Bedeutung.

Viele Probepunkte mit wenigen Pflanzen pro Probepunkt repräsentieren eine Verjüngungsfläche besser als wenige Probekreise mit vielen Pflanzen pro Probepunkt. Das gilt vor allem, wenn interessierende Merkmale wie Verbiss geklumpt auftreten. Zweckmäßig ist es daher, pro Probepunkt nur eine geringe, vorher festgelegte Anzahl von Bäumchen aufzunehmen. Das in Bayern seit vielen Jahren verwendete Verfahren für die landesweite und alle drei Jahre durchgeführte Verjüngungsinventur sieht mit 15 Bäumchen pro Probekreis eine recht hohe Anzahl von Pflanzen pro Probekreis vor, die man als unzweckmäßig hoch beurteilen kann.

Die Dichte der Bäumchen auf der Fläche kann mit ausreichender Genauigkeit aus gemessenen Baumabständen ermittelt werden. Betrachtet man eine bestimmte mit Bäumen bestandene Fläche, z.B. einen Hektar, dann sind die Anzahl der Bäume und der durchschnittliche Abstand der Bäume eng miteinander korreliert. Stehen z.B. 10.000 Bäumchen auf einem Hektar, dann entfällt auf jedes Bäumchen im Durchschnitt 1 m^2 Waldboden und folglich beträgt der durchschnittliche Abstand der Bäumchen etwa 1 m. Man kann folglich im Umkehrschluss über eine Schätzung des durchschnittlichen Abstands der Bäumchen die Dichte der Verjüngung schätzen.

Erfahrungsgemäß ist das arithmetische Mittel der Abstände eines Baumes zum zweitnächsten und drittnächsten Nachbarbaum ein guter Schätzwert. Der Einfachheit halber kann man aber auch das Mittel der Abstände zum nächsten und zweitnächsten Nachbarbaum verwenden.

Bedeutung der höchsten Bäumchen einer Verjüngung

Mit sehr wenigen Ausnahmen (Pappelplantagen) sind Verjüngungen von Waldbeständen sehr viel stammzahlreicher als Altbestände. Wird z.B. ein Fichtenbestand mit 3.000 Pflanzen je Hektar gepflanzt, werden davon weniger als ein Drittel später überhaupt als Bäume geerntet. Der Löwenanteil des Holzwertes wird von weniger als einem Sechstel dieser Bäume geschaffen. Die Zahlenverhältnisse sind bei den Laubhölzern noch drastischer. In Naturverjüngungen können mehrere Hunderttausend Pflanzen pro Hektar vorhanden sein, aber im Endbestand finden sich nur 100 bis 200 Bäume pro Hektar. Die anderen Bäume unterliegen entweder im Konkurrenzkampf mit ihren Nachbarbäumen und gehen, wenn sie nicht als Totholz geerntet werden, in den natürlichen Kreislauf der Zersetzung ein, oder sie werden als noch lebende Bäume im Zuge Bewirtschaftungsmaßnahmen (Läuterungen, Durchforstungen) entnommen. Dafür muss sogar oft Geld aufgewendet werden (Pflegekosten).

Die Bäumchen, die schon in der Verjüngung einen Wuchsvorsprung vor ihren Nachbarn gewinnen, haben naturgemäß eine deutlich größere Chance, sich später gegen ihre Nachbarn durchzusetzen. Damit sind diese Bäumchen auch für die Holzproduktion am wichtigsten.

Massenzuwachs, Wertzuwachs und Verbiss

Der Massenzuwachs (Holzzuwachs) eines Waldbestandes ist weitgehend unabhängig von der Dichte der Pflanzen (bei gepflanzten Kulturen Pflanzverband). Es kann durch Verbiss auch nur in extremen Fällen ein merkbarer Einfluss auf den Holzzuwachs erwartet werden (Zuwachsverluste). Der Verbiss beeinflusst vielmehr die Konkurrenzverhältnisse zwischen den Bäumchen.

Der Wertzuwachs kann von der Konkurrenzsituation zwischen den Bäumen beeinflusst werden. Da sich diese schon in der Verjüngung herausbildet, kann Verbiss durchaus auf den Wertzuwachs Einfluss nehmen. Das liegt in erster Linie daran, dass der Wert einer gegebenen Menge an Holz in den meisten Fällen stark durch die Stärke der Stämme, ihren Durchmesser, bestimmt wird. Je deutlicher sich die herrschenden Stämme schon früh von den übrigen

Bäumen absetzen können, auf desto weniger Stämme verteilt sich der Löwenanteil des Holzzuwachses. Folglich haben die Stämme höhere Durchmesser. Gleichzeitig steigt wegen der Abhängigkeit der Holzpreise und Erntekosten von den Dimensionen der Stämme der durchschnittliche Wert des Holzes. Grundsätzlich werden umso höhere Erlöse pro Festmeter erzielt je dicker die Stämme sind, und die Erntekosten pro Festmeter sinken mit dem Stammdurchmesser. Diese Zusammenhänge gelten nicht grenzenlos, aber in der Regel sind Waldbestände mit relativ wenigen, aber dafür dicken Stämmen für die Waldbewirtschaftler unter finanziellen Aspekten (Holzerlöse, Erntekosten) vorteilhafter als stammzahlreichere Bestände mit dadurch dünneren Stämmen.

Für die Beurteilung von Verbiss muss daher diese Beeinflussung der Konkurrenzverhältnisse beschrieben werden. Beeinträchtigt der Verbiss die höchsten Bäumchen einer Verjüngung, ist eine negative Wirkung auf den Wertzuwachs denkbar. Verbiss, der die höchsten Bäumchen durch Behinderung der Nachbarn im Konkurrenzkampf eher begünstigt, wird den Wertzuwachs eines Waldbestandes nicht beeinträchtigen, sondern kann ihn sogar fördern.

Die Beeinträchtigung der Konkurrenzkraft von Bäumchen durch Verbiss der Jahrestriebe ist nach den Ergebnissen des sehr umfangreichen Tribschnittexperiments von Eiberle (1975) keineswegs bei allen Baumarten gleich. Trotz bis zu sechsmaligem Tribschnitt in der Versuchsperiode von Frühjahr 1967 bis Herbst 1971 zeigten die Versuchskollektive mancher Baumarten gegenüber den unbehandelten Pflanzen nur geringe Unterschiede in der Höhenentwicklung. Bei einigen Baumarten war die durchschnittliche Höhe der bis zu sechsmal gekürzten Pflanzen am Ende des Versuchszeitraumes sogar größer als die der unbeschnittenen Kontrollgruppe. Als im Höhenwachstum recht unempfindlich können nach diesem Versuch gelten: Bergahorn, Winterlinde, Esche, Traubeneiche und Stieleiche. Das Höhenwachstum von Strobe, Spitzahorn, Tanne, Kiefer und etwas weniger das der Buche reagierte empfindlich auf die Tribschnitte; Douglasie, Lärche und auch Fichte lagen mit deutlichen Einbußen an Höhenzuwachs im Mittelfeld (vgl. Eiberle 1975, insbesondere Tabelle 2 und Abbildungen 1A bis 1C). Diese Ergebnisse sollten insbesondere auch dann berücksichtigt werden, wenn die Wirkung von Verbiss auf die Konkurrenzverhältnisse zwischen Baumarten zu beurteilen ist.

Die Untersuchungen zur Wirkung von Verbiss wurden von Pollanschütz (1995) zusammengestellt (siehe auch Moog, 2008, S. 86). Auch wenn es plausibel erscheint, dass der Verbiss des Terminaltriebes (Jahrestriebes) das Höhenwachstum beeinträchtigt, so konnte eine statistisch signifikante Beeinträchtigung bei experimentellen Untersuchungen (Tribschnittversuche) nicht nur von Eiberle oft erst für mehrere, in aufeinander folgenden Jahren vorgenommene Einkürzungen der Jahrestriebe nachgewiesen werden. Signifikante Minderungen der Höhenentwicklung eines Bäumchens sind also meist erst bei mehrmaligem Verbiss des Jahrestriebes zu erwarten. Die Annahme, durch einen Verbiss der Terminalknospe oder des Wipfeltriebes würde das betroffene Bäumchen einen Jahres-Höhenzuwachs einbüßen, ist also nicht gerechtfertigt bzw. kann ggf. nur im Sinne eines theoretischen Maximalszenarios der Wirkungsbeschreibung fungieren.

Es besteht in der Wissenschaft Einigkeit darüber, dass der Verbiss von Seitentrieben für die Entwicklung von Bäumchen nur relevant ist, wenn ein erheblicher Teil der Blatt- bzw.

Nadelmasse entfernt wird. Es sind keine Erkenntnisse darüber bekannt, ob die Wirkung von Seitentriebverbiss von der Position der Zweige am Baum abhängig ist (z.B. oberes Drittel, untere Hälfte etc.). Teilweise wurde sogar eine den Höhenzuwachs stimulierende Wirkung von Seitentriebverbiss festgestellt.

Probekreisgrößen

Die Probekreisgrößen sollte man an dem Standraum von Altbäumen orientieren. Wenn auf einem Hektar 100 Altbäume zu erwarten sind, dann wäre es plausibel, ein Hundertstel eines Hektars ($10.000 \text{ m}^2 : 100 = 100 \text{ m}^2$) als wünschenswerte Probekreisgröße zu wählen. Wären in einem Bestand 500 Altbäume zu erwarten, müsste man entsprechend eine Probekreisgröße von etwa 20 m^2 als wünschenswert ansehen. Probekreise von 100 m^2 sind allerdings sicherlich für eine Verjüngungsinventur unpraktisch groß. Man wird sich daher auf kleinere Probekreise festlegen müssen. Die FVA Freiburg schlägt Probekreise mit einer Fläche von 10 m^2 vor, was 357 cm Durchmesser entspricht. Dies allerdings unter der Randbedingung, dass alle Bäumchen in diesem Probekreis aufgenommen werden. Bei sehr dichten Verjüngungen führt das zu sehr großen aufzunehmenden Pflanzenzahlen. Unter anderen Verhältnissen können Kreise dieser Größe sich als zu klein erweisen. In der Tabelle sind für Probekreisgrößen von 10 m^2 bis 50 m^2 die Radien und Durchmesser angegeben. Man sieht daraus, dass es in Laubholzverjüngungen sinnvoll sein kann Probekreise von 6 bis 8 m Durchmesser oder sogar noch größere zu wählen, wenn die örtlichen Bedingungen es erlauben.

		Radius in cm	Durchmesser in cm
Flächeninhalt eines Probekreises	10 m^2	178	357
	20 m^2	252	505
	30 m^2	309	618
	40 m^2	357	714
	50 m^2	399	798

Tabelle 2: Radien und Durchmesser für verschiedene Probekreisgrößen. Die Berechnung erfolgt nach der umgestellten Formel zur Berechnung des Flächeninhalts eines Kreises:

$$Radius = \sqrt{\frac{Fläche}{\pi}}$$

Quelle: BJV-Broschüre Inventur in Waldverjüngungen, Seite 10.

Unverbissene und verbissene Population aufnehmen

In aller Regel sind Verbissprozente relativ gering. Würde man Pflanzen in festen Probekreisen aufnehmen, hätte man bei einem Verbissprozent von 20 Prozent auf acht unverbissene Pflanzen nur zwei verbissene im Datensatz. Man könnte auf die Eigenschaften der unverbissenen Teilpopulation statistisch viel sicherer schließen als auf der verbissenen Teilpopulation. Es ist daher aus wirtschaftlichen und statistischen Gesichtspunkten

naheliegend, eine Verjüngungsinventur so zu gestalten, dass etwa gleich viele verbissene und unverbissene Pflanzen aufgenommen werden.

Prognose der Höhenentwicklung

Für die Beurteilung von Verbiss erscheint eine Prognose der Höhenentwicklung einer Verjüngung als notwendig. Dies ist aber nur befriedigend möglich, wenn Daten zu den bereits erreichten Höhen und den Längen der Jahrestriebe (Höhentriebe, Terminaltriebe) aufgenommen werden. Eine zweckadäquate Verjüngungsinventur erfordert damit die Messung von Höhen und Triebblängen (bzw. Längen der Resttriebe bei verbissenen Bäumchen).

Normalerweise sind die Triebblängen von jungen Bäumen umso länger, je höher die Bäumchen sind. Außerdem sind die Triebblängen der höchsten Bäumchen einer Verjüngung (Spitzenhöhen einer Baumpopulation) größer als der Durchschnitt der Triebblängen aller Bäume.

Eine Schätzung der Höhenentwicklung eines Bäumchens lässt sich berechnen, wenn man auf die bisher erreichte Höhe sukzessive die im Mittel zu erwartenden Triebblängen addiert. Auf diese Weise kann leicht die Anzahl der Jahre (Vegetationsperioden) berechnet werden, die noch notwendig sind, bis die höchsten Bäumchen einer Verjüngung „aus dem Äser gewachsen“ sind. Dies ist zusammen mit der Höhenverteilung einer Verjüngung eine wichtige Information, wenn zu beurteilen ist, ob eine gegebene Verbissbelastung das Wachstum einer Verjüngung behindern kann oder nicht.

Behandlung der Mischung von Baumarten

Da Mischungen wegen der regelmäßigen Überlegenheit einer Baumart in den meisten Fällen nicht als stabil gelten können, wird regelmäßig die Anlage von kleinflächigen Mischungen (Horsten) empfohlen. Bei konsequent horstweiser bzw. kleinflächiger Mischung ist Entmischung durch Verbiss nur in Extremfällen denkbar. Es ist daher naheliegend, bei Verjüngungsinventuren in horstweise gemischten Beständen die Probepunkte jeweils einer idealen (nur gedacht zusammenhängenden) Fläche der jeweiligen Mischbaumarten(gruppen) zuzurechnen. Dann muß man für jede in der Inventur unterschiedene Baumart(en)gruppe eine Auswertung vornehmen. Für jede dieser Flächen benötigt man eine Mindestzahl von Stichprobenpunkten (s.o.). Deshalb sollte man auch wegen der Kosten ggf. Baumarten zu Baumartengruppen zusammenfassen. Um die Fläche angemessen zu repräsentieren, ist ggf. ein relativ engmaschiges Netz der Probepunkte notwendig.

Fazit der Überlegungen zum Design der Inventur

Die Inventur soll die Verjüngungsfläche gut repräsentieren. Die Inventur sollte die unverbissene und die verbissene Teilpopulation in etwa gleichgewichtig erfassen und dabei jeweils die Teilpopulation der höchsten Bäumchen von den übrigen Bäumchen unterscheiden,

weil die Teilpopulation der höchsten Bäumchen für die Bestandesentwicklung am wichtigsten ist. Die Inventur soll eine Schätzung der Dichten der unverbissenen Bäumchen und der verbissenen Bäumchen am einzelnen Probepunkt erlauben. Die Inventur soll ferner über die Höhenverteilungen der unverbissenen und der verbissenen Bäumchen und über die Streuungen der Höhen Aufschluss geben. Sie soll schließlich über die Triebblängen in Abhängigkeit von den Höhen eine Schätzung der weiteren Höhenentwicklung ermöglichen.

Konkreter Verfahrensvorschlag

Die Verjüngungsinventur sollte als systematische Stichprobe mittels eines (quadratischen) Punktrasters erfolgen.

An jedem Probepunkt wird ein Probekreis begutachtet. Die Größe des Probekreises ist vorab festzulegen. Empfohlen wird, den Probekreis umso größer festzulegen, je größer der Standraum der jeweiligen Baumart. Ideal wäre es, der Probekreis hätte etwa die Fläche, die ein alter Baum der jeweiligen Baumart als Standraum benötigt.

In dem Probekreis wird jeweils das höchste unverbissene und das höchste verbissene Bäumchen gesucht. In Übersicht 1, an der diese Vorgehensweise erläutert werden soll, ist der höchste unverbissene Baum mit 1 gekennzeichnet und der höchste verbissene Baum mit A.

Vom höchsten unverbissenen Bäumchen aus werden das am nächsten stehende unverbissene und das am zweitnächsten stehende unverbissene Bäumchen gesucht. In Übersicht 1 sind diese Bäumchen mit den Zahlen 2 und 3 in den grünen Kreisen gekennzeichnet. Die beiden Abstände zu den dem höchsten Bäumchen am nächsten stehenden Bäumchen werden gemessen, in Übersicht 1 dargestellt als grüne Doppelpfeile (d 1-2 und d 1-3). Dazu werden die Höhen der Bäumchen und die Längen ihrer Jahrestriebe gemessen.

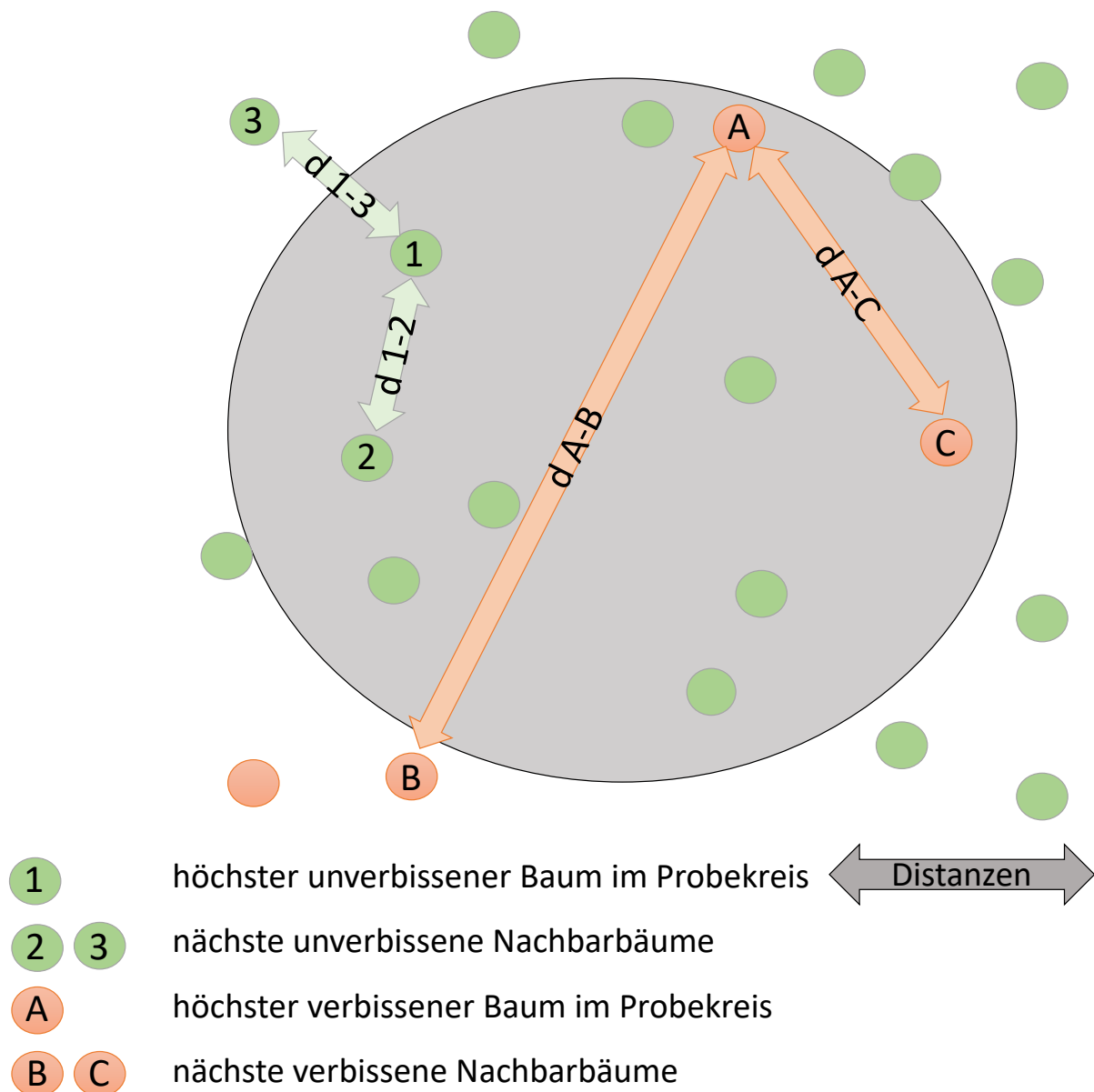
Genauso wird mit den verbissenen (nur Terminaltriebverbiss) Bäumchen vorgegangen. Es sind also auch für die verbissenen Bäumchen die beiden Abstände, die drei Höhen und drei Rest-Triebblängen zu messen.

Findet sich im Probekreis ein aus dem Verbiss herausgewachsenes Bäumchen (Höhe z.B. über 130 cm), dann gilt der Probepunkt als erfolgreich verjüngt. Folglich müssen dann weder unverbissene noch verbissene Bäumchen an diesem Punkt aufgenommen zu werden. Es ist selbstverständlich zweckmäßig, diese als erfolgreich verjüngt geltenden Probepunkte zu notieren und auf einem Lageplan einzutragen.

Es kann vorkommen, dass das höchste unverbissene oder/und verbissene Bäumchen nah am Rande des Probekreises steht. Dadurch können die aufzunehmenden Nachbarbäume außerhalb des Probekreises stehen. Da es auf eine zutreffende Schätzung der Dichte und nicht auf die Grenze des Probekreises ankommt, ist das unproblematisch.

Es kann vorkommen, dass entweder alle Bäumchen im Probekreis unverbissen oder alle verbissen sind. In diesem Fall können nur die Daten für die jeweilige Teilpopulation

aufgenommen werden. Der Probepunkt gilt daher als Probepunkt ohne Verbiss oder mit ausschließlich verbissenen Bäumchen.



Übersicht 1: Systematik der Aufnahme der Bäumchen am Probepunkt. Quelle: BJV-Broschüre Inventur in Waldverjüngungen, Seite 12.

An jedem Probepunkt sollten mindestens drei Bäumchen zu finden sein. Anderenfalls sollte der Probepunkt als nicht zur aufzunehmenden Verjüngungsfläche gehörig aus der Stichprobe herausgenommen werden. Es ist selbstverständlich zweckmäßig, diese als nicht erfolgreich verjüngt geltenden Probepunkte zu notieren und auf einem Lageplan einzutragen.

Zum Aufschrieb der aufzunehmenden Daten kann das Formular (siehe Tabelle 3) verwendet werden. Ein Blanko-Formular für Kopien steht im Anhang zur Verfügung.

	unverbissene Pflanzen								verbissene Pflanzen							
	höchste Pflanze		nächste Nachbarpflanze			zweitnächste Nachbarpflanze			höchste Pflanze		nächste Nachbarpflanze			zweitnächste Nachbarpflanze		
Probe-Punkt	Höhe	Trieb	Höhe	Trieb	Distanz	Höhe	Trieb	Distanz	Höhe	Rest-Trieb	Höhe	Rest-Trieb	Distanz	Höhe	Rest-Trieb	Distanz
Nr.	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
1	45	14	41	6	160	39	4	205	38	5	30	3	430	32	3	464
2	78	19	45	8	141	74	14	197	66	7	44	4	510	40	4	645
3	55	15	50	9	182	52	10	244	42	3	33	2	950	39	3	1050
4	66	17	64	11	144	50	9	204	50	5	41	4	544	44	4	870
5	89	21	66	10	280	71	12	427								
6	51	14	40	5	180	45	5	212	40	2	33	3	407	33	3	487
7	71	22	62	9	196	70	13	275	61	13	60	6	302	55	4	405
8	82	22	76	12	200	64	10	236	71	11	66	7	350	69	7	466
9	43	11	40	7	165	36	4	243	56	4	50	5	655	52	4	759
10	76	18	55	9	174	62	11	211	51	3	44	3	688	46	3	945

Tabelle 3: Aufnahmeformular mit den unten verwendeten Beispieldaten.

Quelle: BJV-Broschüre Inventur in Waldverjüngungen, Seite 14. Ein unausgefülltes Formblatt findet sich im Anhang.

Auswertung der Daten

Dichte der Verjüngung

Die Auswertung der Daten kann mit einem Tabellenkalkulationsprogramm vorgenommen werden (z.B. Excel). Die Schätzung des Durchschnittsabstands der Bäumchen erfolgt als Berechnung des arithmetischen Mittels der beiden gemessenen Abstände:

$$(\text{Abstand 1} + \text{Abstand 2}) : 2 = \text{Durchschnittsabstand}$$

Nun kann man annehmen, dass die Pflanzen im Durchschnitt einen Standraum zur Verfügung haben, der sich als Quadrat des Durchschnittsabstands berechnet. Die Berechnung der Dichte der Pflanzen aus den Abständen erfolgt folglich mit der Formel:

$$10.000 : [\text{Durchschnittsabstand in m}]^2 = \text{Baumzahl pro Hektar}$$

Durch Verwendung des wahrscheinlich systematisch etwas zu geringen mittleren Abstands werden die Pflanzendichten jeweils etwas zu hoch eingeschätzt. Die Verzerrung erfolgt aber für beide Teilpopulationen in dieselbe Richtung. Dadurch dürfte sie sich nicht stark auswirken.

	A	B	C	D	E
1	Distanz 1	Distanz 2	mittlere Distanz	mittlerer Standraum	Pflanzen pro Hektar
2	cm	cm	cm	m ²	Stück/ha
3	200	300	250	6,25	1.600
4	120	170	145	2,10	4.756

Tabelle 4: Beispiel für die Berechnung der Dichte einer Verjüngung über zwei gemessene Baumabstände. Quelle: BJV-Broschüre Inventur in Waldverjüngungen, Seite 15.

In der Spalte C der Tabelle ist einfach die Formel $(A+B)/2$ einzutragen. In Spalte D muß die Formel $(C/100)^2$ lauten. Schließlich steht in Spalte E die Formel $10.000/D$.

Beurteilung

Die Beurteilung der Verbißwirkung sollte vor allem zwei Variable berücksichtigen:

1. die absolute Dichte der unverbissenen Teilpopulation
2. die Höhenrelation der verbissenen und der unverbissenen Bäumchen.

Über die Soll-Dichte von Verjüngungen bestehen normalerweise Größenvorstellungen, wenngleich eine vollständige Einigkeit darüber nicht zu erwarten ist. Die Vorstellungen über Soll-Pflanzenzahlen von Verjüngungen haben sich über die Zeit z.T. stark verändert und

können auch regional variieren, z.B. zwischen Landesforstverwaltungen oder Waldbau-Schulen. Sollvorstellungen über die Pflanzendichte können im Zweifel aus Waldbaurichtlinien, Förderungsrichtlinien, Waldbau-Literatur etc. hergeleitet werden. Aus diesen Quellen kann gutachtlich eine kritische Dichte bestimmt werden, beispielsweise 2.500 Pflanzen/Hektar. Die Auswertung enthält für jeden Probepunkt einen Schätzwert über die Dichte der unverbissenen Teilpopulation. Diese Schätzwerte sind einfach der kritischen Grenze gegenüberzustellen.

Beispiel (kritische Grenze sei 2.500 Stück/Hektar). In Spalte E der Tabelle wird logisch abgefragt, ob die Mindest-Dichte der unverbissenen Pflanzen erreicht ist. In Spalte F wird logisch abgefragt, ob die Dichte der unverbissenen und der verbissenen Bäumchen zusammen die Mindest-Dichte erreicht.

	A	B	C	D	E	F
1		unverbissene Pflanzen	verbissene Pflanzen	zusammen	Mindest-Dichte	
2	Punkt Nr.	Stück/Hektar	Stück/Hektar	Stück/Hektar	unverbissene Pflanzen	zusammen
3	1	3000	500	3500	erreicht	erreicht
4	2	3500	300	3800	erreicht	erreicht
5	3	2200	100	2300	nicht erreicht	nicht erreicht
6	4	3300	200	3500	erreicht	erreicht
7	5	800		800	nicht erreicht	nicht erreicht
8	6	2600	500	3100	erreicht	erreicht
9	7	1800	800	2600	nicht erreicht	erreicht
10	8	2100	600	2700	nicht erreicht	erreicht
11	9	2400	200	2600	nicht erreicht	erreicht
12	10	2700	150	2850	erreicht	erreicht

Tabelle 5: Zuordnung der 10 Probepunkte des Beispiels zu Dichte-Kategorien. Quelle: BJV-Broschüre Inventur in Waldverjüngungen, Seite 16.

Die Probepunkte können danach den folgenden Kategorien zugeordnet werden:

Dichte-Kategorien	Inventur-Punkte aus dem Beispiel
insgesamt unzureichend verjüngt	Punkte 3 und 5
insgesamt ausreichend verjüngt, jedoch durch Verbiss unzureichende Zahl unverbissener Bäumchen	Punkte 7, 8, 9
ausreichende Zahl unverbissener Bäumchen	Punkte 1, 2, 4, 6, 10

Ggf. kann auch eine Kategorie hinzugefügt werden, der Probepunkte mit zu dichter

Verjüngung zugeordnet werden können. Dies kann in Naturverjüngungen vorkommen oder bei Pflanzungen mit zusätzlichem Anflug.

Im Beispiel ist die Verjüngung an zwei der zehn Punkte unzureichend (Punkte 3 und 5). An fünf Punkten liegt die Zahl der unverbissenen Bäumchen über der Mindest-Zahl, so daß die Situation trotz Verbiss unkritisch sein kann (Punkte 1, 2, 4, 6, 10). An drei Punkten drückt jedoch die Zahl der verbissenen Bäumchen die Anzahl der unverbissenen unter die kritische Grenze (Punkte 7, 8, 9). Besonders bei diesen Punkten könnte sich der Verbiss nachteilig auf die Verjüngung auswirken.

Die beiden Probepunkte mit einer Gesamtpflanzenzahl unterhalb der kritischen Grenze zeigen eine deutlich unterschiedliche Charakteristik. Bei Probepunkt 3 ist die Grenze nur knapp verfehlt, und der Verbiss ist eher gering. Bei Probepunkt 5 ist die Zahl der Pflanzen so deutlich zu gering, dass dieser Punkt nicht zur Verjüngungsfläche gezählt werden kann. Verbissene Bäumchen wurden hier nicht gefunden. Dieser Punkt ist damit sowohl der Kategorie „ohne Verbiss“ als auch der Kategorie „nicht ausreichend verjüngt“ zuzurechnen. Die Diskussion eines Schadens an der Verjüngung würde sich aber selbst dann erübrigen, wenn verbissene Pflanzen gefunden worden wären.

Bei der praktischen Berechnung mit einer Kalkulationstabelle kann man die Sortierungsfunktion nutzen. Man lässt die Probepunkte zuerst nach der Dichte der unverbissenen Bäumchen absteigend sortieren. Dann steht der Probepunkt mit der größten Dichte ganz oben und der mit der geringsten Dichte ganz unten. Anschließend lässt man ab der kritischen Grenze die Probepunkte nach der Summe von unverbissenen und verbissenen Bäumchen sortieren. Die folgende Tabelle zeigt die Daten aus der vorstehenden Tabelle in dieser Art umsortiert.

	A	B	C	D	E	F
1		unverbissene	verbissene	zusammen	Mindest-Dichte	
2	Punkt Nr.	Stück/Hektar	Stück/Hektar	Stück/Hektar	unverbissene	zusammen
3	2	3500	300	3800	erreicht	erreicht
4	4	3300	200	3500	erreicht	erreicht
5	1	3000	500	3500	erreicht	erreicht
6	10	2700	150	2850	erreicht	erreicht
7	6	2600	500	3100	erreicht	erreicht
8	8	2100	600	2700	nicht erreicht	erreicht
9	9	2400	200	2600	nicht erreicht	erreicht
10	7	1800	800	2600	nicht erreicht	erreicht
11	3	2200	100	2300	nicht erreicht	nicht erreicht
12	5	800	0	800	nicht erreicht	nicht erreicht

Tabelle 6: Nach den Dichte-Kategorien sortierte Tabelle der 10 Probepunkte des Beispiels.
Quelle: BJV-Broschüre Inventur in Waldverjüngungen, Seite 18.

Durch die Sortierung stehen die Probepunkte mit ausreichend unverbissenen Pflanzen oben und die mit unzureichender Pflanzenzahl unten (Punkte 3 und 5). Dazwischen stehen die Flächen, bei denen die Zahl der insgesamt vorhandenen Pflanzen zwar ausreichend ist, aber die Zahl der unverbissenen Pflanzen unter der Mindest-Zahl liegt (Punkte 8, 9 und 7).

Berücksichtigung der Höhen

Oben wurde erläutert, warum Verbiss der höchsten Bäumchen einer Verjüngung (Spitzenhöhen) als nachteilig zu beurteilen ist, wogegen Verbiss von Bäumchen niedrigerer Höhenkategorien als unerheblich oder sogar mit den Bewirtschaftungszielen übereinstimmend beurteilt werden muß. Der zweite Schritt der Auswertung richtet sich daher auf die Höhenrelationen.

Die Probepunkte können einfach in die folgenden Kategorien eingeteilt werden:

- 1) Spitzenhöhe der unverbissenen Bäumchen ist höher
- 2) die Spitzenhöhen der verbissenen und der unverbissenen Bäumchen sind gleich
- 3) Spitzenhöhe der verbissenen Bäumchen ist höher

Ist die Anzahl der Probekreise groß, kann es sinnvoll sein, eine dritte Kategorie auszuweisen, bei der die Höhenunterschiede gering sind.

Besonderes Augenmerk verdienen im Hinblick auf die Höhenrelationen selbstverständlich die Probepunkte, bei denen der Verbiss die Dichte der unverbissenen Pflanzen unter den kritischen Wert drückt (im Beispiel 2.500 Bäumchen/Hektar).

Wir müssen uns daher bei der Analyse der Verjüngung besonders mit den Probepunkten Nr. 7, Nr. 8 und Nr. 9 auseinandersetzen. Für diese seien in der Inventur die folgenden Daten gemessen worden.

Nr.	unverbissene Bäumchen			verbissene Bäumchen		
	Spitzen-Höhe	2. Baum Höhe	3. Baum Höhe	Spitzen-Höhe	2. Baum Höhe	3. Baum Höhe
	cm	cm	cm	cm	cm	cm
7	71	66	70	61	60	55
8	82	76	64	71	66	69
9	43	40	36	56	50	52

Tabelle 7: Daten der Probepunkte 7, 8 und 9. Quelle: BJV-Broschüre Inventur in Waldverjüngungen, Seite 19.

Entscheidend ist nun der Vergleich der Spitzenhöhen der verbissenen und der unverbissenen Bäumchen an den jeweiligen Probepunkten. Für die Probepunkte 7 und 8 ist festzustellen, daß die höchsten unverbissenen Bäumchen höher sind als die verbissenen.

Gegen diesen Vergleich könnte eingewandt werden, daß es korrekter wäre, von den absoluten Höhen die Jahrestriebe abzuziehen, um den Höhenvergleich durch den Verbiß nicht zu verzerren. Die aufgenommenen Daten erlauben diesen Vergleich, der für das Beispiel zu einer

leichten Modifikation des Ergebnisses führt. Für den Probepunkt 8 finden wir, daß die beiden Spitzenhöhenbäumchen als gleich hoch angesprochen werden können.

Punkt Nr.	höchste unverbissene Pflanze			höchste verbissene Pflanze		
	Höhe	Trieblänge	Höhe ohne letzten Trieb	Höhe	Trieblänge	Höhe ohne letzten Trieb
7	71	22	49	61	13	48
8	82	22	60	71	11	60
9	43	11	32	56	4	52

Kategorien der Spitzenhöhen	Probepunkte aus dem Beispiel
Spitzenhöhe der unverbissenen Bäumchen ist höher	Punkt 7 (Anm.: die Diff. ist sehr gering)
Spitzenhöhen der unverbissenen und der verbissenen Bäumchen ist gleich	Punkt 8
Spitzenhöhe der verbissenen Bäumchen ist höher	Punkt 9

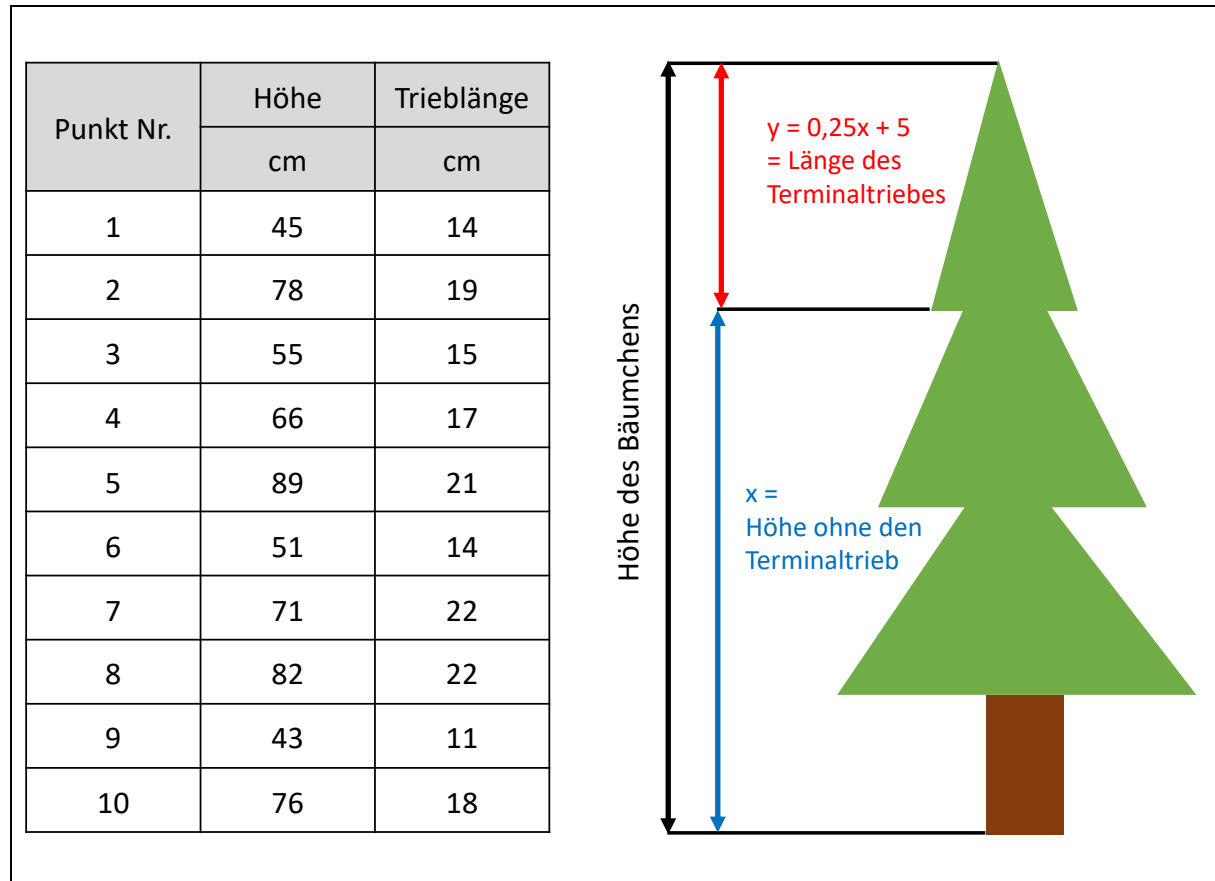
Damit dürfte an den Punkten 7 und 8 die Entwicklung der Verjüngung durch den Verbiss höchstens geringfügig beeinträchtigt sein. Es ist für diese Punkte letztlich gutachtlich zu entscheiden, ob der Verbiss so stark ist, dass eine wirtschaftlich relevante Beeinträchtigung des Nebenbestandes erwartet werden kann oder ob der wirtschaftlich erwünschte Differenzierungseffekt überwiegt. Für die praktische Anwendung, kann man die beiden Kategorien jedenfalls zusammenfassen. Dies ist deshalb unten in Übersicht 4 erfolgt. Für den Probepunkt 9 muss allerdings festgestellt werden, dass hier das höchste verbissene Bäumchen höher ist als das höchste unverbissene. Damit ist für diesen Probepunkt eine Beeinträchtigung der Verjüngung zu diagnostizieren.

Prognose der Höhenentwicklung der Verjüngung

Für die Beurteilung der Wirkung von Verbiss ist die Höhenentwicklung der Verjüngung wichtig. Es ist leicht einzusehen, dass Verbiss gleicher Intensität umso weniger nachteilig ist, je kürzer die Zeit ist, die von der Verjüngung noch benötigt wird, bis eine ausreichende Anzahl von Bäumchen „aus dem Äser gewachsen“ ist. Diese Überlegung zeigt, daß nicht alle Bäumchen diese Höhe erreicht haben müssen, sondern nur die höchsten Bäumchen (hier als Spitzenhöhen bezeichnet).

Werden in einer Inventur die Triebblängen und die Höhen der Bäumchen gemessen, dann bieten diese Daten eine brauchbare Grundlage für eine Prognose der Höhenentwicklung. Dazu müssen zuerst die Höhen und die Triebblängen der unverbissenen Spitzenhöhen miteinander

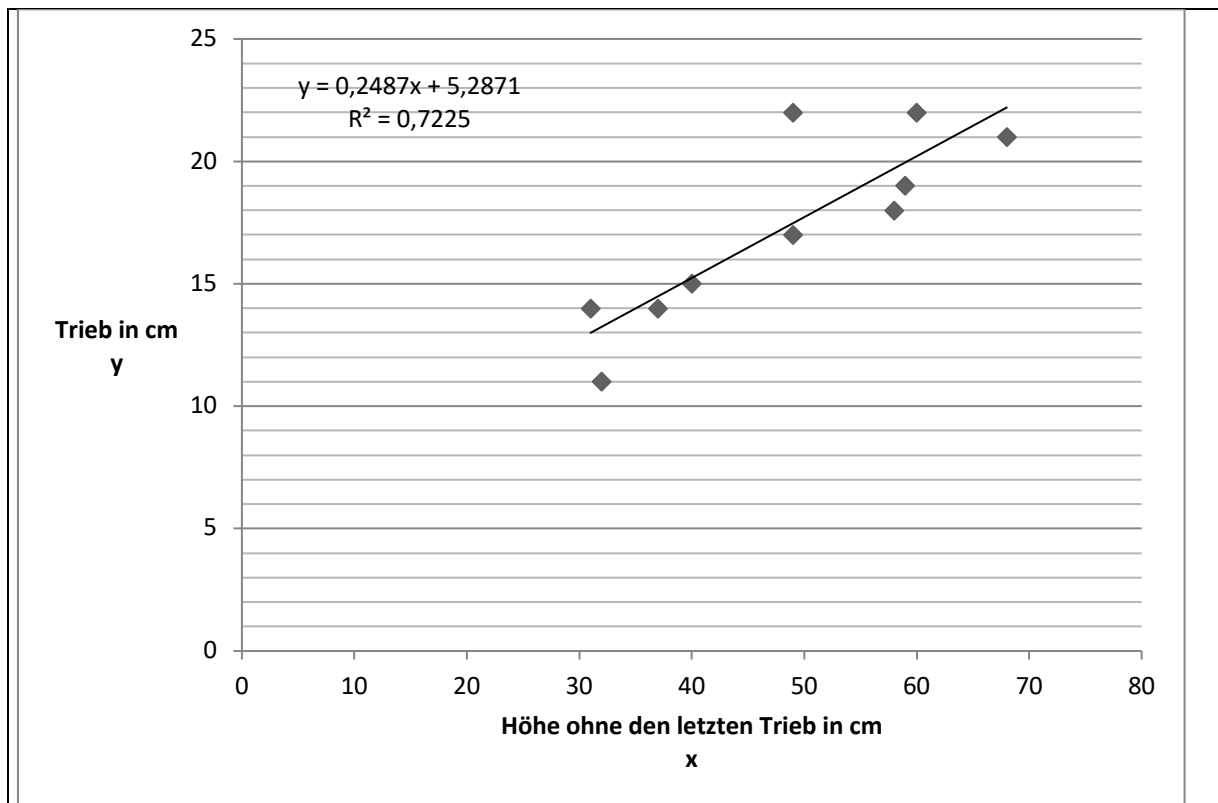
korreliert werden. Dies sei an einem Beispiel gezeigt. In zehn aufgenommenen Probekreisen seien für die höchsten unverbissenen Bäumchen die folgenden Höhen und Triebblängen gemessen worden.



Übersicht 2: Höhen und Triebblängen der 10 unverbissenen Spitzenhöhen-Bäumchen der 10 Probepunkte des Beispiels (links) und Ergebnis der Regressionsschätzung für die Triebblänge (rechts), vgl. für die Regressionsschätzung Übersicht 3. Quelle: BJV-Broschüre Inventur in Waldverjüngungen, Seite 21.

Nun wird von der Gesamthöhe die jeweilige Trieblänge abgezogen. Wir berechnen also die Höhe ohne den letzten Jahrestrieb. Dann stellen wir die Datenpaare in einem sogenannten Streudiagramm dar. Da die Bäumchen mit zunehmender Höhe längere Triebe haben, erhalten wir eine Punktwolke, die durch eine ansteigende Gerade oder Kurve ausgeglichen werden kann. Erstellt man diese Grafik mit Excel, erhält man automatisch die Gleichung der Ausgleichsgerade. Für das Beispiel lautet sie (gerundet):

nächste Trieblänge in cm = $0,25 \times$ bisherige Höhe in cm + 5 cm



Übersicht 3: Excel-Streudiagramm der Triebblängen über die Höhen der Bäumchen ohne den letzten Trieb mit dem Ergebnis der linearen Regressionsschätzung. Quelle: BJV-Broschüre Inventur in Waldverjüngungen, Seite 22.

Mit dieser Formel kann man nun die Höhenentwicklung der Bäumchen schätzen. Wir wollen das für das höchste Spitzenhöhen-Bäumchen und das niedrigste Spitzenhöhen-Bäumchen tun, um sozusagen die Entwicklung der Verjüngung einzugabeln.

bisherige Höhe	geschätzte Trieblänge	Höhe + geschätzte Trieblänge	
cm	cm	cm	
89	27	116	nach 1 Vegetationsperioden
116	34	150	nach 2 Vegetationsperioden

Tabelle 8: Schätzung der Höhenentwicklung des höchsten Spitzenhöhen-Bäumchens. Quelle: BJV-Broschüre Inventur in Waldverjüngungen, Seite 22.

Tabelle: Geschätzte Höhenentwicklung des höchsten und des kleinsten Spitzenhöhen-Bäumchens in der folgenden Vegetationsperiode

Das höchste Bäumchen ist bisher 89 cm hoch. Berechnet man nach der obigen Formel die Länge des nächsten Triebes, ergibt sich:

$$0,25 \times 89 \text{ cm} + 5 \text{ cm} = 27 \text{ cm}$$

Der nächste Trieb wird also etwa 27 cm lang sein. Dann erreicht das Bäumchen eine Höhe von $89 + 27 = 116$ cm. Nun geht man von diesen 116 cm aus und berechnet die Länge des nächsten Jahrestriebes erneut mit der obigen Formel

$$0,25 \times 116 \text{ cm} + 5 \text{ cm} = 34 \text{ cm}$$

Addiert man diese 34 cm zu den bereits erreichten 116 cm, erreicht das Bäumchen nach zwei Vegetationsperioden eine Höhe von 150 cm und ist damit „aus dem Äser gewachsen“. Folglich kann damit gerechnet werden, dass nach zwei Vegetationsperioden die ersten Bäumchen der untersuchten Verjüngung nicht mehr durch Verbiss gefährdet werden.

Nun wenden wir uns dem bisher niedrigsten Bäumchen aus dem Spitzenhöhen-Kollektiv zu. Dieses Bäumchen ist bisher 43 cm hoch. Berechnet man nach der obigen Formel die Länge des nächsten Triebes, ergibt sich:

$$0,25 \times 43 \text{ cm} + 5 \text{ cm} = 16 \text{ cm}$$

Der nächste Trieb wird also etwa 16 cm lang sein. Dann erreicht das Bäumchen eine Höhe von $43 + 16 = 59$ cm. Wir setzen die Rechnung in der folgenden Tabelle nach diesem Muster fort.

bisherige Höhe	geschätzte Trieb länge	Höhe + geschätzte Trieb länge	
cm	cm	cm	
43	16	59	nach 1 Vegetationsperioden
59	20	78	nach 2 Vegetationsperioden
78	25	103	nach 3 Vegetationsperioden
103	31	134	nach 4 Vegetationsperioden

Tabelle 9: Schätzung der Höhenentwicklung des kleinsten Spitzenhöhen-Bäumchens. Quelle: BJV-Broschüre Inventur in Waldverjüngungen, Seite 23.

Nach vier Vegetationsperioden wird das Spitzenhöhen-Bäumchen mit der bisher geringsten Höhe „aus dem Äser gewachsen“ sein.

Die Berechnung kann man entweder in einer Excel-Tabelle automatisieren, oder man erstellt sich mit der Formel oder der Grafik eine Tabelle, die die Schätzwerte für die Trieb längen enthält. Mit den hier verwendeten Beispiels-Werten erhält man die folgende Tabelle (Zahlen gerundet).

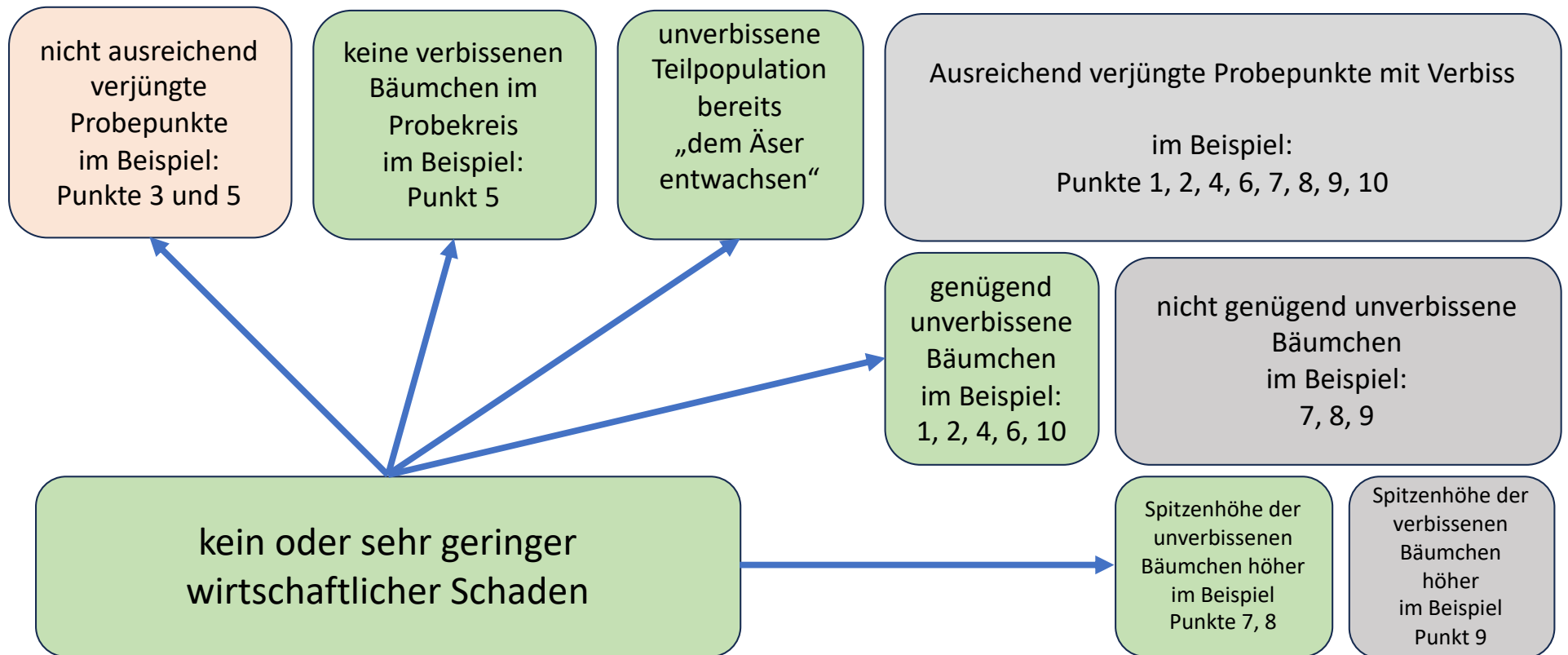
bisher erreichte Höhe	Schätzwert für die Länge des nächsten Triebes
cm	cm
40	15
45	16
50	18
55	19
60	20
65	21
70	23
75	24
80	25
85	26
90	28
95	29
100	30
105	31

Tabelle 10: Mit Hilfe der Regressionsgleichung (vgl. Übersicht 3) berechnete Tabelle von Schätzwerten für TriebLängen in Abhängigkeit der bisher erreichten Höhe der Bäumchen.
Quelle: BJV-Broschüre Inventur in Waldverjüngungen, Seite 24.

Zusammenfassung der Diagnose für das Beispiel

In Übersicht 4 ist die Logik der Verjüngungs-Diagnose dargestellt. Im ersten Schritt werden die nicht ausreichend verjüngten und die ausreichend verjüngten Probepunkte getrennt. Im zweiten Schritt wird untersucht, ob an den ausreichend verjüngten Probepunkten die unterstellte Mindest-Dichte der Verjüngung durch die unverbissenen Pflanzen erreicht wird. Im dritten Schritt werden die Probepunkte, bei denen die Dichte der unverbissenen Pflanzen unter der kritischen Grenze liegt daraufhin analysiert, ob die verbissenen oder die unverbissenen Spitzenhöhen größer sind. Dadurch können letztlich die Probepunkte gefunden werden, an denen ein wirtschaftlich ungünstiger Einfluss des Verbisses auf die Verjüngung als wahrscheinlich erscheint

Probepunkte zur Repräsentation der Verjüngungsfläche



Übersicht 4: Systematik der Beurteilung der Wirkung von Verbiss auf Verjüngungen.

Quelle: BJV-Broschüre Inventur in Waldverjüngungen, Seite 25

Ergänzend kann auf der Basis einer Regressionsschätzung für die Triebblängen in Abhängigkeit von der Höhe der Bäumchen berechnet werden, nach wie vielen Vegetationsperioden die Verjüngungsfläche „aus dem Äser gewachsen“ sein wird. In Zusammenschau mit der Intensität des Verbisses und seiner Verteilung auf die unterschiedlich hohen Bäumchen erlaubt dies eine gutachtliche Einschätzung zur voraussichtlichen Entwicklung der Verjüngung.

Ein Ansatz zur finanziellen Bewertung von Verbiss¹

Eine finanzielle Bewertung von Verbiss in einem Konfliktfall erfordert die Berücksichtigung der rechtlichen Rahmenbedingungen. Es wird teilweise argumentiert, Beschädigungen von Bäumchen seien wie Sachbeschädigungen zu behandeln, und mit Kostensätzen zu bewerten². Wissenschaftlich gut begründet ist jedoch die Meinung, der Anspruch auf den Ersatz von Wildschäden (§ 29 Absatz 1 BJagdG) sei nicht ein Schadenersatzanspruch privatrechtlicher Natur, sondern ein Ausgleichsanspruch für entgangene Erträge in einem öffentlich-rechtlichen Rechtsverhältnis (vgl. Konrad 2012, Moog 2011, Moog und Wittmann 2003). Folgt man dieser Auffassung, kommt ein Ersatz von Kosten ausschließlich dann in Betracht, wenn dadurch der höhere Ausgleich für den Ertragsausfall vermieden werden kann. In diesem speziellen, allerdings praktisch wohl nicht auftretenden Fall wäre dies durch die Pflicht zur Schadenminderung sogar geboten. Für Beschädigungen, durch die keine Ertragsminderung zu erwarten ist, besteht folglich auch kein Anspruch auf einen finanziellen Ausgleich.

¹ Eine ausführlichere Darstellung dieses Vorschlags für ein Bewertungsvorgehen findet sich in Leonhardt, Bauer, Moog, Pießkalla: Wild- und Jagdschadenersatz. Handbuch zur Schadensabwicklung mit Berechnungsgrundlagen und Tabellen, Verlag Wolters-Kluwer, nur im Internet verfügbar: <https://shop.wolterskluwer-online.de/polizei-ordnungsrecht-por/08251669/>

² Die Kosten von Forstkulturen sind sehr hoch. Sie stehen oft in einem krassen Missverhältnis zu den oft sehr bescheidenen Erträgen bei der Ernte (Endnutzung) von Waldbeständen (Abtriebswerte). Ganz offenkundig ist die Anlage von Forstkulturen unter finanziellen Aspekten sehr oft gar nicht zu rechtfertigen. Deshalb wird von den Vertretern der Forstwirtschaft der Standpunkt vertreten, im Falle von ausgleichsnotwendigen Wildschäden seien die Kulturkosten als Bewertungsmaßstab heranzuziehen, selbst wenn keine (pagatorischen) Kulturkosten entstanden seien (Naturverjüngungen). Von forstlichen Interessenvertretern konzipierte Vorschläge für Rechenschemata zur Wildschadensbewertung greifen daher regelmäßig auf Kulturkosten zurück. Das gilt insbesondere auch für das vom Deutschen Forstwirtschaftsrat unterstützte Bewertungsschema, für das der Begriff „Konvention“ verwendet wird, der eine Einigung oder zumindest eine langjährige Übung suggeriert. Das kann aber als eine gezielte Irreführung interpretiert werden, da dieses Rechenschema zu im Vergleich sehr hohen und oft offenbar unberechtigten Werten für Beschädigungen von Pflanzen führt, keinesfalls von zum Ausgleich der Schäden Verpflichteten akzeptiert werden kann und Hinweise auf die fehlende rechtliche Basis von den Verfassern konsequent ignoriert worden sind.

Die Bewertung von Verbiss ist aus zwei Gründen höchst problematisch. Erstens sind die Folgen der Beschädigungen von Jahrestrieben auf das Bestandeswachstum kaum zuverlässig einzuschätzen. Zweitens ist der einer Bewertung zugrundezulegende Zeithorizont sehr lang.

Manche Versuche zur Bewertung von Verbiss unterstellen eine dem Verbissprozent entsprechende Zuwachseinbuße, bei beispielsweise 10 Prozent verbissener Bäume wird dann angenommen, der Jahreszuwachs sei um 10 Prozent gemindert, wobei Durchschnitts-Jahreszuwächse unterstellt werden. Dies ist aber eine offensichtlich unrichtige Modellannahme, denn der Holzzuwachs eines Waldbestandes kann nur in Extremfällen (sehr weitgehende Zerstörung der gesamten Blatt- bzw. Nadelmasse) durch Verbiss beeinflusst bzw. beeinträchtigt werden. Von den Extremfällen abgesehen erscheint nur ein Einfluss von Verbiss auf die Bestandesstruktur als plausibel. Dies auch nur bei Baumarten, deren Höhenwachstum durch Verbiss wesentlich beeinträchtigt wird. Da die Bestandesstruktur jedoch auch durch die forstlichen Maßnahmen (Pflanzverband und damit Ausgangsstammzahl, Stammzahlverminderung, Läuterung, Durchforstung, die zur Schadenminderung dienen können) beeinflusst wird, ist es kaum möglich, sichere Anhaltspunkte für die Wirkung von Verbiss zu finden, an die sich eine finanzielle Bewertung knüpfen ließe. Betont sei hier, dass auch eine Beeinflussung der Bestandesstruktur durch Verbiss denkbar ist, die in Richtung einer Erhöhung der Holzerlöse wirkt³. Dies ist insbesondere dann ggf. zu bedenken, wenn eine Anmeldung von Wildschaden für eine Fläche erfolgt, für die es eine Inventur nach dem oben dargelegten Verfahren wahrscheinlich erscheinen lässt, dass auf Teilflächen eine solche positive Wirkung vorliegt. Dann stellt sich aus rechtlicher Sicht die Frage, ob die positive Wirkung auf Teilflächen den Ausgleichsanspruch für eine negative Wirkung auf anderen Teilflächen mindert.

Eine finanzielle Bewertung von Verbiss erfordert einen ausreichend plausiblen naturalen Anknüpfungssachverhalt. Da Einbußen am Holzzuwachs unplausibel sind, könnte man auf Einbußen am Höhenzuwachs des Bestandes abstellen. Entscheidend für die Entwicklung eines Waldbestandes sind die höchsten Bäumchen. Sollte wirklich ein so starker oder so auf die höchsten Bäumchen konzentrierter Verbiss vorliegen, dass die notwendige Anzahl (Endnutzungsstammzahl plus Sicherheitszuschlag) durch den Verbiss mit einer zeitlichen Verzögerung eine Höhe erreicht, in der kein Leittriebverbiss mehr auftreten kann, könnte man dies als Anknüpfungspunkt verwenden. Das Bewertungsmodell würde dann unterstellen, dass sich diese zeitliche Verzögerung fortsetzt, so dass es auch zu einer etwas verzögerten Endnutzung kommen würde.

Die finanziellen Folgen einer verzögerten Endnutzung können unabhängig von den konkreten Baumarten hier in Abhängigkeit von den Umtriebszeiten aufgezeigt werden. Es besteht

³ In der von den Vertretern forstlicher Interessen dominierten Diskussion über Wildschäden bleibt dieser Aspekt weitgehend unerwähnt. Es ist aber nicht nur plausibel, sondern regelrecht denknotwendig, dass die Beschädigung von jungen Bäumchen durch Verbiss die Streuung des Höhenwachstums nicht nur vergrößern kann, sondern oft vergrößert, wodurch die Zusammensetzung der „sozialen Klassen“ (vorherrschend bis unterdrückt) der jungen Bäume so verändert werden kann, dass sich der Zuwachs auf eine geringere Anzahl von vorherrschenden Bäumen konzentriert. Genau dieses Ziel wird auch mit forstwirtschaftlichen Maßnahmen verfolgt (Stammzahlverminderung geringe Ausgangsstammzahl). In diese Richtung wirkender Verbiss kann nicht als wirtschaftlicher Schaden interpretiert werden.

naturgemäß wegen der langen Zeiträume eine erhebliche Abhängigkeit von der Höhe des Kalkulationszinsses. Welcher Zinsfuß als angemessen erscheint, muss ggf. vom Gutachter beurteilt werden.

Der finanzielle Nachteil durch die Verzögerung einer zukünftigen Zahlung um ein Jahr wird berechnet als Differenz der Barwerte der verzögerten Zahlung und der unverzögerten Zahlung. Die folgende Tabelle enthält diese Differenzen für Verzögerungen von jeweils einem Jahr und einer Zahlung von € 10.000. Die Differenzen nehmen mit zunehmendem Zinssatz und zunehmender Umtriebszeit ab; bei einem Zinssatz von 4 Prozent und einer für Laubholz durchaus üblichen Umtriebszeit von deutlich über 100 Jahren ergeben sich nur noch extrem geringe Beträge.

Umtriebszeit in Jahren	Kalkulationszins in Prozent			
	1,0	2,0	3,0	4,0
60	54,50	59,76	49,44	36,56
70	49,34	49,03	36,79	24,70
80	44,67	40,22	27,37	16,69
90	40,43	32,99	20,37	11,27
100	36,61	27,07	15,16	7,62
110	33,14	22,20	11,28	5,14
120	30,00	18,21	8,39	3,48
130	27,16	14,94	6,24	2,35
140	24,59	12,26	4,65	1,59
150	22,26	10,06	3,46	1,07
160	20,15	8,25	2,57	0,72

Tabelle 11: Beträge in € zum Ausgleich einer Verzögerung eines Endnutzungserlöses in Höhe von € 10.000 um jeweils ein Jahr in Abhängigkeit von der Umtriebszeit und dem Kalkulationszinssatz. Quelle: BJV-Broschüre Inventur in Waldverjüngungen, Seite 28.

Die Tabellenwerte können wie folgt angewendet werden: Wird ein Zinssatz von 2,0 % als angemessen angesehen und soll die finanzielle Größenordnung einer Wachstumsverzögerung um ein Jahr für einen 1 ha großen Waldbestand abzuschätzen, der mit 100 Jahren Umtriebszeit bewirtschaftet wird und nach heutigen Verhältnissen einen Endnutzungserlös von € 25.000/ha erzielen würde, dann müsste der Tabellenwert für 2,0 % und 100 Jahre mit dem Faktor 2,5 multipliziert werden. Die aus der Tabelle abzulesenden € 27,07 gelten für € 10.000. Wegen des Abtriebswertes von € 25.000 ist das 2,5fache dieses Tabellenwertes anzusetzen; also $2,5 * € 27,07 = € 67,68$.

Die Werte der Tabelle verdeutlichen, dass die durch Verbiss möglichen finanziellen Folgen für die Waldbesitzer nur begrenzte Bedeutung besitzen können. Mit Hilfe der aus der Tabelle herauszulesenden Größenordnungen können ggf. auch maximale Größenordnungen von

Kosten für Maßnahmen zum Schadenausgleich abgeschätzt werden. Anhaltspunkte für die Schätzung von Abtriebswerten in Abhängigkeit von den Baumarten und den Bonitäten kann die im Anhang abgedruckte Tabelle geben.

Abschließend sei noch darauf aufmerksam gemacht, dass das Produktionsrisiko beim Wildschadenersatz grundsätzlich zulasten des Nutzungsberechtigten geht. Es besteht allerdings Einigkeit darüber, dass der zum Ersatz des Wildschadens Verpflichtete einen Waldbesitzer nicht auf einen Ersatz zum Zeitpunkt der Endnutzung verweisen kann, sondern der Schaden zeitnah auszugleichen ist.

Quellen und Literaturhinweise

Eiberle, K.: Ergebnisse einer Simulation des Wildverbisses durch den Triebsschnitt. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, Band 126, Heft 11, 1975.

Konrad, Holger: Wildschadenersatz in gemeinschaftlichen Jagdbezirken nach § 29 Abs. 1 BJagdG – Geschichte, Systematik und aktuelle Problemstellungen. Studien zum internationalen, europäischen und deutschen Nachhaltigkeitsrecht, LIT-Verlag, 2012.

Kramer, Horst und Akca, Alparslan: Leitfaden für Dendrometrie und Bestandesinventur. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main, 1987.

Leonhardt, Bauer, Moog, Pießkalla: Wild- und Jagdschadenersatz. Handbuch zur Schadensabwicklung mit Berechnungsgrundlagen und Tabellen, Verlag Wolters-Kluwer, das Werk wird nicht mehr als Loseblattsammlung vertrieben, sondern ist nur noch im Internet verfügbar, zu abonnieren unter: <https://shop.wolterskluwer-online.de/polizei-ordnungsrecht-por/08251669/>

Moog, Martin: Wirkung von Verbiss auf Waldbestände. Revierkurier, 2006, Heft 4, S. 1-2, 2007, Heft 1, S. 4-5, Heft 3, S. 1-3.

Moog, Martin: Bewertung von Wildschäden im Wald, Neumann-Neudamm, Melsungen, 2008.

Moog, Martin und Schaller, Markus: Wildschadensbewertung im Wald - Ein Verfahrensvorschlag zur Bewertung von Verbißschäden unter Berücksichtigung der Dichte der unverbissenen Pflanzen. Forstarchiv, Band 73, 2002, S. 3-10.

Moog, Martin und Wittmann, Johann: Strittige Fragen der Wildschadensbewertung. Erwiderung zur Stellungnahme von G. Oesten und A. Wurz. Forstarchiv 2003, Band 74, S. 141-149.

Moog, Martin: Wild-Schadenersatz oder Wildschaden-Ersatz? Wie weit geht der Anspruch auf Wildschadenersatz, Agrar- und Umweltrecht, 2011, Nr. 8, S. 300-302.

Pollanschütz, Joseph: Bewertung von Verbiß und Fegeschäden. Hilfsmittel und Materialien. Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, Nr. 169/1995, Wien.

Suchant, Rudolf und Burghardt, Friedrich: Monetäre Bewertung von Verbissschäden in Naturverjüngungen. Allgemeine Forstzeitschrift – Der Wald, 2003, Heft 13, S. 633-636.

Richtlinien zur Waldbewertung in Nordrhein-Westfalen, hrsg. vom Landesbetrieb Wald und Forst NRW, Lehr- und Versuchsforstamt Arnsberger Wald, Obereimer 13, 59821 Arnsberg.

Landesjagdverband Bayern: Inventur in Waldverjüngungen zur Beurteilung von Schäden durch Verbiss. Konzeption, Durchführung, Auswertung und Hinweise zur finanziellen Bewertung – eine Arbeitshilfe des Landesjagdverbandes Bayern. ISBN 978-3-00-043630-7, hier zitiert als BJV-Broschüre Inventur in Waldverjüngungen.

Anhang

Aufnahmeformular

Quelle: BJV-Broschüre Inventur in Waldverjüngungen, Seite 30.

	unverbissene Pflanzen								verbissene Pflanzen															
	höchste Pflanze				nächste Nachbarpflanze				zweitnächste Nachbarpflanze				höchste Pflanze				nächste Nachbarpflanze				zweitnächste Nachbarpflanze			
Probe-Punkt	Höhe	Trieb	Höhe	Trieb	Höhe	Trieb	Distanz	Höhe	Trieb	Höhe	Trieb	Distanz	Höhe	Trieb	Höhe	Trieb	Distanz	Höhe	Trieb	Höhe	Trieb	Distanz		
Nr.	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm		

Auszug aus Anlage I der Richtlinien zur Waldbewertung im Lande Nordrhein-Westfalen – Konventionslösung 2025, Abtriebswerte werbungskostenfrei im Alter der Umtriebszeit (Werte in € pro Hektar), jeweils Wertklasse 3 (mittlere Qualität).

Baumart	Umtriebszeit	Ertragsklasse				
		IA0	I	II	III	IV
Eiche	180		103.526	80.188	52.883	22.125
Buche	120		28.838	22.788	17.830	13.082
	140		36.786	29.204	22.301	16.937
Esche	120		24.557	13.999		
Ahorn	120		28.422	22.576	16.979	
Hainbuche	120		33.425	25.747	18.602	11.272
Birke	80		10.569	5.820		
Roteiche	100		38.857	30.308	21.716	
Erle	80		12.270	8.352	4.373	
Fichte	80	57.315	43.506	30.461	20.317	11.089
	100	62.461	49.837	36.284	24.351	14.310
Kiefer	120		22.239	16.307	11.316	
	140		23.873	17.542	12.002	
Douglasie	80		60.868	47.551	35.746	
Lärche, jap.	60		23.665	16.344	9.678	
Lärche	120		34.962	26.187	17.813	
	140		36.820	27.698	19.653	

Die Richtlinien kann man vom Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen, Zentrum für Wald und Holzwirtschaft (FBV), Obereimer 13, 59821 Arnsberg, zwh@wald-und-holz.nrw.de als pdf-Datei beziehen.

Formular zur Abschätzung der finanziellen Folgen einer Wachstumsverzögerung mit einem Beispiel und als Formular zum Ausfüllen.

Zeile Nr.	Zinssatz2 %	
1	Baumart	Buche
2	Umtriebszeit (Jahre)	140
3	gesamte Verjüngungsfläche (ha)	10
4	Fläche mit Wachstumsverzögerung (ha)	2
5	Jahre der Wachstumsverzögerung	1
6	geschätzter Endnutzungs-Erlös in 10.000 €/ha	2,5
7	Tabellenwert bei gewähltem Zinssatz (€/ha)	12,26
8	Schätzung des Schadens (€) <i>Zeilen 4 * 5 * 6 * 7</i>	$2 * 1 * 2,5 * 12,26 = 61,30$

Zeile Nr.	Zinssatz %	
1	Baumart	
2	Umtriebszeit (Jahre)	
3	gesamte Verjüngungsfläche (ha)	
4	Fläche mit Wachstumsverzögerung (ha)	
5	Jahre der Wachstumsverzögerung	
6	geschätzter Endnutzungs-Erlös in 10.000 €/ha	
7	Tabellenwert bei gewähltem Zinssatz (€/ha)	
8	Schätzung des Schadens (€) <i>Zeilen 4 * 5 * 6 * 7</i>	

Quelle: BJV-Broschüre Inventur in Waldverjüngungen, Seite 33.