



Beschränkung waldbaulicher Handlungsspielräume durch Rehwildverbiss

Hohe Wildbestände mit der damit einhergehenden Verbiss-Belastung können formal als Restriktion der ohne Wildverbiss möglichen waldbaulichen Handlungsspielräume aufgefasst werden. Im folgenden Artikel werden die in dieser Ausgabe von HOLZER et al. und FIBICH et al. präsentierten Ansätze verbunden, um die ökonomischen Auswirkungen dieser Restriktion zu bewerten.

TEXT: THOMAS KNOKE, DOMINIK HOLZER, JONATHAN FIBICH

Hohe Wildbestände können das Aufkommen und Aufwachsen von Naturverjüngung be- und schlimmstenfalls vollständig verhindern [1–3]. Durch dann nötige künstliche Bestandesbegründung oder entsprechende Schutzmaßnahmen entstehen hohe Kosten. Dieser Effekt ist nicht nur monetär bedeutsam, sondern hat auch waldbauliche Konsequenzen: Teure Waldumbaumaßnahmen werden aus Liquiditätserwägungen eher aufgeschoben, auch wenn diese aus waldbaulicher Sicht zur Erhöhung der Resilienz dringend nötig wären. Neben der Einschränkung der Naturverjüngung kommt es zudem zu Verminderung oder Verlust von Mischbaumarten durch unterschiedliche Äsungspräferenzen [4–6].

Bewertungsmethodik

Als Indikator für die Wirtschaftlichkeit einer gewählten Waldbaustrategie mit bzw. ohne Wildeinfluss verwenden wir im Folgenden den (Boden-)Ertragswert. Dabei handelt es sich um die Summe aller zukünftigen, hier beispielhaft zu 1,5 % p. a. abgezinsten Deckungsbeiträge. Alle folgenden Betrachtungen berücksichtigen dabei ein Intervall aus einem optimistischen und einem pessimistischen Wert, um die herrschende Unsicherheit über tatsächlich erreichbare Zielbeiträge zu berücksichtigen. Wir bewerten hier ein Ergebnis der Simulation nach HOLZER et al. aus dieser Ausgabe und unterstellen dabei eine hohe Wilddichte, unter der sich im Alter von 26 eine Zusammensetzung aus 46 % Fichte, 48 % Buche und 6 % Tanne ergab. Ohne Wildeinfluss und bei ansonsten identischen Parametern



Foto: J. Fibich

Abb. 1: Auffällige Folgen hoher Wilddichten – doch wie hoch sind die Kosten solcher waldbaulichen Restriktionen?

steht dem eine Mischung aus 36 % Fichte, 36 % Buche und 28 % Tanne gegenüber. Vereinfachend nehmen wir an, dass diese Stammzahl-Anteile in der vorliegenden Altersstufe näherungsweise klassischen Flächenanteilen entsprechen. Hinsichtlich der Bestandesbegründungskosten unterstellen wir 6.000 € ha⁻¹ unter hoher Wilddichte. Ohne Wildeinfluss nehmen wir lediglich 1.000 € ha⁻¹ an, begründet durch die Möglichkeit weitgehender Naturverjüngungs-Übernahme.

Mithilfe des in dieser Ausgabe vorgestellten Optimierungsansatzes (FIBICH et al.), der jedoch für die Bestandesoptimierung angepasst wurde [7], können wir nun die Bewirtschaftung innerhalb beider Verbiss-Szenarien mit Fokus auf

den Bodenertragswert optimieren: Hierzu wählt der Algorithmus pro Baumart die optimale zeitliche Abfolge aus Pflege-, Durchforstungs- und Endnutzungseingriffen sowie anschließender Wiederbegründung [7]. Technisch werden dazu die verschiedenen Baumarten und Eingriffsmaßnahmen Prozentanteile zugewiesen, z. B. die Baumartenanteile bei der Bestandesbegründung oder die Prozentanteile (vom Holzvorrat) der zu entnehmenden Holz mengen oder Einreihungsquoten im Rahmen der Bestandesverjüngung. Diese Prozentanteile steuern den Beitrag des Bestandes zum gewählten Zielkriterium des Bodenertragswerts und heißen daher „Entscheidungsvariablen“. Dabei werden für jede Bewirtschaftungsmaßnah-

Rentable Forstwirtschaft kann durch Wildverbiss unmöglich werden

Tab. 1: Drei Szenarien, aufbauend auf simulierten Kostenerhöhungen für die Bestandsbegründung sowie Verschiebungen von Mischungsanteilen (nach Holzer et al. [8])

Simulation	Baumartenanteile [%]			Bodenertragswert [€ ha ⁻¹ a ⁻¹]		Annuität [€ ha ⁻¹ a ⁻¹]	
	Fichte	Tanne	Buche	optimistisch	pessimistisch	optimistisch	pessimistisch
ohne Wildeinfluss	36	28	36	8560	3574	128	54
erhöhte Begründungskosten + Mischungsverschiebung	46	6	48	-447	-3086	-7	-46
– nur erhöhte Begründungskosten	36	28	36	576	-1872	9	-28
– nur Mischungsverschiebung	46	6	48	7048	2423	106	36

me verschiedene Szenarien betrachtet, um die Unsicherheit hinsichtlich der tatsächlich erreichbaren Zielbeiträge zu berücksichtigen. So werden für mögliche Deckungsbeiträge in unserem Modell für drei Baumarten jeweils ein optimistisches und ein pessimistisches Szenario berücksichtigt, woraus 2³=8 Szenarien resultieren. Für jedes Szenario gibt es ein Maximum einer bestimmten Baumart, dieses kann jedoch von Szenario zu Szenario wechseln. Nun werden die Prozentanteile den Baumarten und den Hiebsmaßnahmen so zugeordnet, dass der (größte) Abstand zwischen dem im jeweiligen Szenario möglichen Maximum und dem tatsächlich erreichten (entsprechend den Prozentanteilen der Baumarten gewichteten) Zielbeitrag minimiert wird.

Auswirkung erhöhter Begründungskosten

Bei vorgegebener Baumartenmischung (36 % Fichte, 36 % Buche und 28 % Tanne) ist unter der angenommenen Unsicherheit ein Bodenertragswert zwischen 8.560 und 3.574 € ha⁻¹ zu erreichen, was einer äquivalenten jährlichen Zahlung zwischen 128 bzw. 54 € ha⁻¹ a⁻¹ entspricht (Tab. 1). Werden nun, bedingt durch Verbissdruck, die angenommenen Begründungskosten wie oben beschrieben erhöht, so hat dies drastische finanzielle Konsequenzen: Der optimistische (Boden-)Ertragswert reduziert sich auf 567 € pro Hektar (pessimistisch -1.872 € pro Hektar). Somit erhalten die Waldbesitzenden nur knapp so viel Geld aus der Waldbewirtschaftung zurück, wie sie investiert haben, oder im pessimistischen Falle sogar weniger. Diese Reduktion um fast 8.000 € pro Hektar gegenüber dem Naturverjüngungsbetrieb entspricht jährlich konstanten Kosten in

Höhe von rund -120 € ha⁻¹ a⁻¹. Um die hohen Begründungskosten möglichst lange aufzuschieben, leitet der Optimierungs-Algorithmus Verjüngungsmaßnahmen 30 Jahre später als im Naturverjüngungsbetrieb ein, wo eine (zunächst sehr kleinflächige) Vorab-Verjüngung bereits im Alter von 20 Jahren initiiert wird.

Auswirkung verschobener Mischungsanteile

Die von HOLZER et al. [8] simulierte Reduktion des Tannenanteils bei hoher Wilddichte von 28 % auf 6 % geht mit einer Erhöhung des Fichtenanteils um 10 Prozentpunkte und des Buchenanteils um 12 Prozentpunkte einher. Auch wenn wir (unrealistischerweise) davon ausgehen, dass auch bei der angenommenen hohen Wilddichte nur 1.000 € an Kosten für die Bestandesbegründung auflaufen, vermindert allein der Verlust an Tannenanteilen den (Boden-)Ertragswert um 1.512 € ha⁻¹ (Tab. 1), was zu jährlich konstanten Kosten von rund -23 € ha⁻¹ a⁻¹ führt. Die simulierte Veränderung führt hier auch zu einer erheblichen Senkung des mittleren Kohlenstoffvorrates in der oberirdischen Biomasse.

Nehmen wir beide Effekte zusammen, also erhöhte Kosten für die Bestandsbegründung und die Verschiebung der Mischungsanteile, dann lässt sich kein positiver (Boden-)Ertragswert mehr erreichen. Der Rückgang des (Boden-)Ertragswertes beläuft sich auf -9.007 € ha⁻¹, oder -135 € ha⁻¹ a⁻¹. Interessanterweise liegen diese Kosten nur unwesentlich unter den in Fichtenbeständen durch den Klimawandel zu erwartenden Kosten, die von KNOKE et al. [9] auf etwa -10.000 € ha⁻¹ beziffert wurden.

„Verbissbedingte Erhöhungen der Begründungskosten und auftretende Entmischungseffekte können rentable Forstwirtschaft unmöglich machen.“

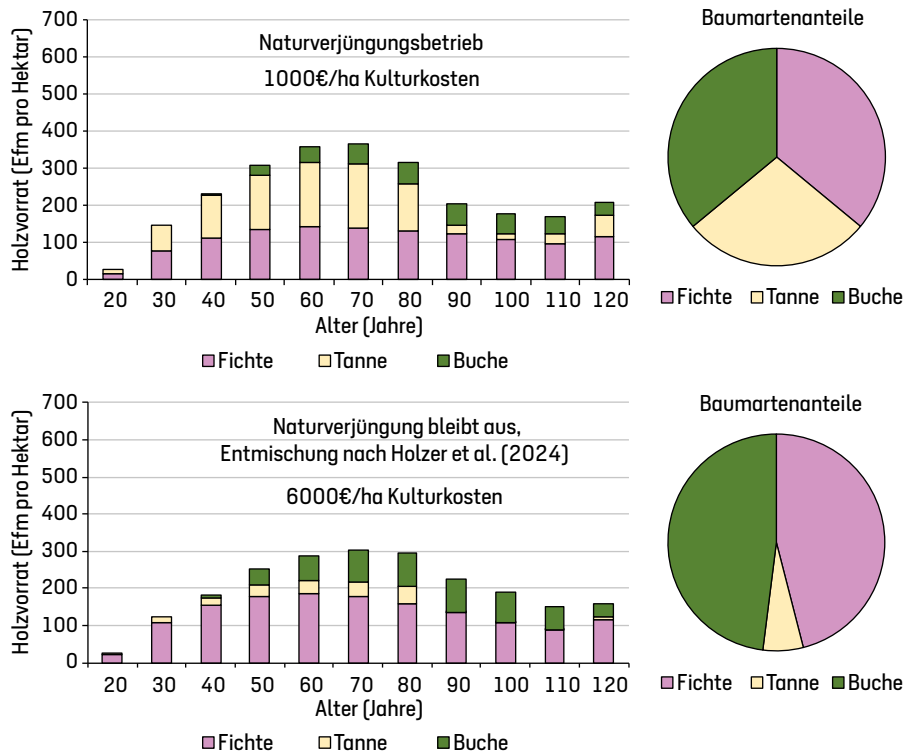
THOMAS KNOKE

Schneller ÜBERBLICK

- » **Wilddichten** wirken sich über erhöhte Begründungskosten und Entmischungseffekte auf Rentabilität und Resilienz von Waldbeständen aus
- » **Eine Verknüpfung** von Verbiss-Simulation und waldbaulicher Optimierung ermöglicht eine Quantifizierung dieser Auswirkungen
- » **Die Kosten** des Verbisses belaufen sich im vorgestellten Beispiel auf 135 € ha⁻¹ a⁻¹, was eine rentable Bewirtschaftung unmöglich macht
- » **Zaunbau, Höhenzuwachs-Reduktion** sowie nicht-monetäre Ökosystem-Leistungen sind in dieser Einschätzung unberücksichtigt



Folgen zu hoher Wilddichten



Grafik: T. Knoke

Abb. 2: Auswirkung erhöhter Kosten für die Bestandesbegründung und einer simulierten Verschiebung der Baumartenzusammensetzung bei hoher Rehwilddichte

Folgerungen

Die Verknüpfung von simulierten Einflüssen hoher Wilddichten mit modernen Optimierungsmethoden verspricht neue Einsichten zu möglichen Konsequenzen. Im präsentierten Beispiel

blieben ein möglicher Zaunbau, Höhenzuwachs- sowie Qualitätsverluste des produzierten Holzes noch unbewertet. Zudem bleiben die Auswirkungen auf andere Ökosystemleistungen unberücksichtigt: So liegt etwa durch die veränderte Bestandsstruktur

und Bewirtschaftung der Vorrat bei hoher Wilddichte unterhalb des Vorrates ohne Wildeinfluss (Abb. 1), mit entsprechenden Auswirkungen auf den oberirdischen Kohlenstoffspeicher. Es zeigt sich jedoch schon an diesem in diesem Sinne unvollständigen Beispiel, dass Kosten hoher Wilddichten vermutlich bislang von vielen Waldbesitzenden deutlich unterschätzt werden. Das demonstrierte Bewertungsverfahren wurde im Rahmen der Projekte „BioWild“ (<https://www.bio-wildprojekt.de/>) und „WiWaldI“ entwickelt (<https://www.wild-wald-innovation.de/>).



Prof. Dr. Thomas Knoke
knoke@tum.de

leitet seit 2005 die Professur für Waldinventur und nachhaltige Nutzung an der Technischen Universität München, **Dominik Holzer** und **Jonathan Fibich** sind als wissenschaftliche Mitarbeiter an der Professur tätig.

Literaturhinweise:

[1] ALVERSON, W. S.; RIEGE, D. A.; WALKER, D. M. (2024): Losing the slow race: How deer hinder growth, survival, and regeneration of juvenile hemlocks (*Tsuga canadensis*). In: *Forest Ecology and Management* 553, S. 121466. DOI: 10.1016/j.foreco.2023.121466. [2] FREI, E. R. et al. (2024): High potential but little success: ungulate browsing increasingly impairs silver fir regeneration in mountain forests in the southern Swiss Alps. In: *Forestry: An International Journal of Forest Research*, Artikel cpae028. DOI: 10.1093/forestry/cpae028. [3] MASON, W. L. et al. (2024): Comparing the effects of ground cultivation and protection against browsing upon the natural regeneration of Scots pine and birch in a Caledonian pinewood. In: *Forestry: An International Journal of Forest Research*, Artikel cpad068. DOI: 10.1093/

forestry/cpad068. [4] AMMER, C. (1996): Impact of ungulates on structure and dynamics of natural regeneration of mixed mountain forests in the Bavarian Alps. In: *Forest Ecology and Management* 88 (1-2), S. 43-53. DOI: 10.1016/S0378-1127(96)03808-X. [5] CLASEN, C.; GRIESS, V. C.; KNOKE, T. (2011): Financial consequences of losing admixed tree species. A new approach to value increased financial risks by ungulate browsing. In: *Forest Policy and Economics* 13 (6), S. 503-511. DOI: 10.1016/j.forpol.2011.05.005. [6] CLASEN, C.; HEURICH, M.; GLAESNER, L.; KENNEL, E.; KNOKE, T. (2015): What factors affect the survival of tree saplings under browsing, and how can a loss of admixed tree species be forecast? In: *Ecological Modelling* 305, S. 1-9. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2015.03.002.

[7] KNOKE, T. et al. (2020): How considering multiple criteria, uncertainty scenarios and biological interactions may influence the optimal silvicultural strategy for a mixed forest. In: *Forest Policy and Economics* 118, S. 102239. DOI: 10.1016/j.forpol.2020.102239. [8] HOLZER, D.; BÖDEKER, K.; RAMMER, W.; KNOKE, T. (2024): Evaluating dynamic tree-species-shifting and height development caused by ungulate browsing in forest regeneration using a process-based modeling approach. In: *Ecological Modelling* 493, S. 110741. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2024.110741. [9] KNOKE, T. et al. (2021): Economic losses from natural disturbances in Norway spruce forests – A quantification using Monte-Carlo simulations. In: *Ecological Economics* 185, S. 107046. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2021.107046.