



# Dynamische Waldentwicklung bei verschiedenen Verbissintensitäten

Rehwildverbiss kann zu Verschiebungen der Mischungsanteile in der fortlaufenden Bestandesentwicklung führen. In unserer Simulationsstudie untersuchen wir die Auswirkung verschiedener Wilddichten auf die Entwicklung eines Fichten-Buchen-Tannen-Bestandes. Erwartungsgemäß reduziert sich der Anteil der Tannen mit steigender Verbissintensität, der Anteil der Buchen steigert sich bei moderaten Wilddichten trotz höherer Verbisspräferenz im Vergleich zur Fichte.

TEXT: DOMINIK HOLZER, JONATHAN FIBICH, WERNER RAMMER, KAI BÖDEKER, THOMAS KNOKE

**B**ei der erfolgreichen Einbringung von Mischbaumarten in die nächste Waldgeneration und der damit angestrebten Bestandsstabilisierung können vielfältige Hindernisse auftreten. Neben standortbezogenen, klimatischen Stressfaktoren gefährdet erhöhter Schalenwildverbiss die erfolgreiche Etablierung. Insbesondere Reh- und Rotwildverbiss kann zu einer stark veränderten und unerwünschten Entwicklung des Waldbestandes führen [1].

## Auswirkungen von Wildverbiss

Durch Leittriebverbiss der vom Wild bevorzugten Baumarten wird deren Höhenwachstum eingeschränkt und sie erleiden bereits früh erhebliche Nachteile in der Konkurrenz um Ressourcen, insbesondere um Licht [2]. Diese Konkurrenznachteile zeigen sich später in der Zusammensetzung und Struktur des Bestandes [3]. Für vom Wild besonders präferierte Baumarten bedarf es daher frühzeitiger und regelmäßiger waldbaulicher Hilfestellungen, um durch Verbiss entstandene Konkurrenznachteile, gefolgt von Wachstumsverlusten, ausgleichen zu können. Die Auswirkungen von Verbiss reichen von marginaler Beeinträchtigung bis hin zum Absterben des Individuums und hängen von vielen Faktoren ab, darunter Verbiss-Zeitpunkt, Baumart und standörtliche Bedingungen [4].

Der Einfluss von Schalenwild ist unbestritten, die Auswirkungen verschiedener Wilddichten sind jedoch nur schwer zu untersuchen. In der Praxis kann oft nur durch Zäunung ein künstlicher Zustand ohne Wildeinfluss hergestellt und



Abb. 1a: Aufkommende Verjüngung unter Schirm

dessen Entwicklung, häufig über relativ kurze Zeitskalen, mit der auf ungezäunten Flächen verglichen werden [5]. Fraglich bleibt, wie sich der Waldbestand unter einer halb so großen oder auch bei der 1,5-fachen Wilddichte entwickeln würde. Ebenso wird oft diskutiert, ob eine geringfügige Änderung des Wildbestandes überhaupt den gewünschten Erfolg bringt. Genau hier setzt die dem Beitrag zugrunde liegende Modellstudie [6] an, in der die Entwicklung der Baumartenanteile des Bestandes unter verschiedenen Wilddichten simuliert wurde.

## Modellaufbau

Um die Auswirkungen verschiedener Wilddichten auf die Bestandesentwick-

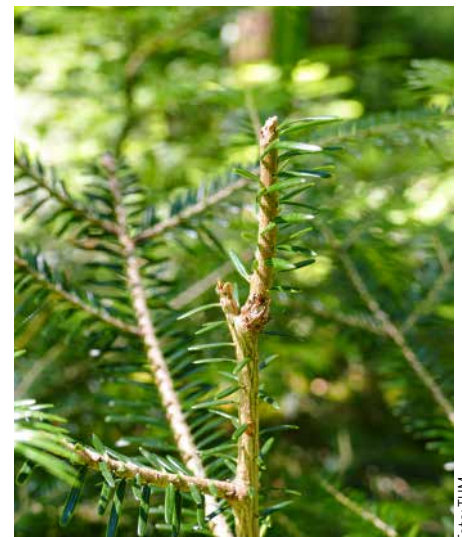
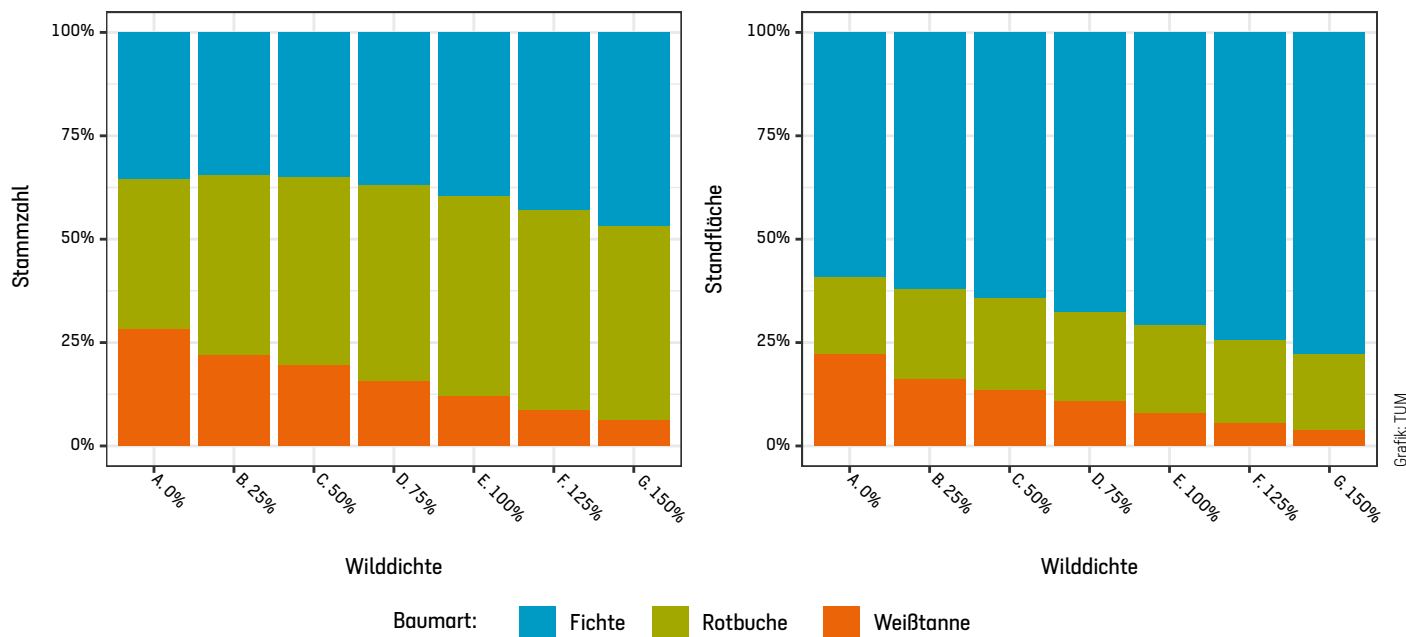


Abb. 1b: Schalenwildverbiss an einer Tanne

## Stammzahl und Standfläche



**Abb. 2:** Relative Stammzahl und Standfläche der simulierten Baumarten im Bestand zum Baumalter 26. Szenario A–G: steigende Wilddichte von 0 % (vergleichbar mit einer Zaunfläche) bis 150 %.

lung zu analysieren, wurde im prozessbasierten Computermodell „iLand“ [7] ein neu begründeter Mischbestand aus Fichte, Weißtanne und Rotbuche unterschiedlichen Verbissszenarien ausgesetzt. Dieses Modell simuliert Verjüngung aus Effizienzgründen als Kohorten auf 2-x-2-m<sup>2</sup>-Zellen, ab einer Baumhöhe von 4 m wird die Individualentwicklung auf Einzelbaum-Ebene fortgeschrieben. In der Simulation wurden dreijährige Setzlinge aller drei Baumarten mit einer Pflanzhöhe von 0,3 m zeitgleich und gleichmäßig verteilt auf einer Freifläche von 100 x 100 m<sup>2</sup> ausgebracht und die Bestandesentwicklung bis zum Alter von 100 Jahren simuliert.

Der Einfluss von Schalenwild, in dieser Studie vorwiegend Rehwild, wird anhand zweier Parameter nachgebildet: Wilddichte und Baumartenpräferenz. Das Produkt aus beiden bildet dabei die jährliche Verbissswahrscheinlichkeit für die jeweilige Baumart auf der virtuellen Pflanzzelle. Die höchste Präferenz wurde dabei der Tanne zugewiesen, gefolgt von der Buche und zuletzt der Fichte. Während die Wachstumsparameter und die Baumartenpräferenz für alle Szenarien gleich blieben, war es in der Modellumgebung möglich, unterschiedliche Wilddichten zu simulieren. Ausgehend von einer Referenz-Wilddich-

te (100 %), bei der die jährliche Verbissswahrscheinlichkeit der Baumartenpräferenz entsprach, konnten veränderte Rehwilddichten vorgegeben werden. In dem Referenz-Szenario wurde die Fichte jährlich mit einer Wahrscheinlichkeit von 10 % verbissen, Buche zu 30 % und Tanne zu 50 %. Es wurden sieben Szenarien simuliert, darunter ein Szenario

ohne Wildeinfluss (0 %) und davon ausgehend alle weiteren Szenarien mit jeweils 25%iger Steigerung der Wilddichte bis zur 1,5-fachen Wilddichte (150 %). Die jeweilige jährliche Verbissswahrscheinlichkeit wurde auf alle Bäume kleiner als 2 m angewandt, ungeachtet des Vorkommens der von Schalenwild bevorzugten Baumarten im Bestand. Weitere Details des Simulationsvorgangs können der Originalpublikation [6] entnommen werden.

### Schneller ÜBERBLICK

- » **Von Rehwild bevorzugte Baumarten weisen im Höhenzuwachs starke Einschränkungen auf**
- » **Konkurrenzverluste durch Verbisss verringern den Anteil von Tanne während der Bestandesentwicklung**
- » **Bei moderatem Verbisss verzeichnet die Buche wachsende Mischungsanteile**
- » **Der simulierte Waldbestand zeigt bereits bei geringen Änderungen der Wilddichte eine Reaktion**

### Baumartenanteile im Bestand

Die Ergebnisse der Studie zeigen eine Reaktion der Baumarten in der Bestandesentwicklung auf unterschiedliche Schalenwilddichten. Evaluiert wurden die Ergebnisse zu Beginn der Selbstausdünnungsphase im Bestandesalter von 26 Jahren, in dem die Selbstregulation durch Dichtstand im simulierten Waldbestand beginnt. Wenn man zu diesem Zeitpunkt die relativen Baumartenanteile, gemessen an den Stammzahlen im Bestand, betrachtet, so profitiert die Fichte von einer steigenden Wilddichte (Abb. 2). Durch eine hohe Verbissspräferenz in Kombination mit anwachsendem Wildbestand nimmt der Anteil von Tannen in der Zusammensetzung des Gesamtbestandes hingegen stark ab. Zu



## „Die Höhenentwicklung der Sämlinge zeigt, dass geringe Änderungen am Wildbestand Auswirkungen auf die Bestandesdynamik haben.“

DOMINIK HOLZER

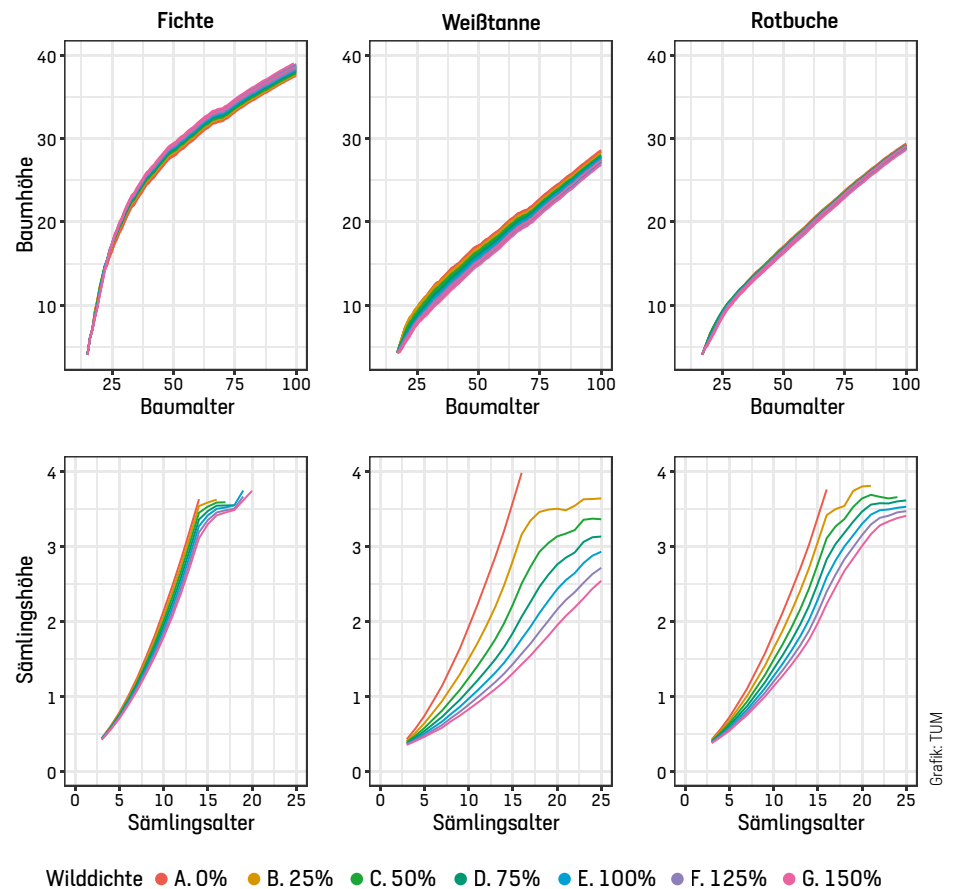
erwarten wäre dieses Verhalten aufgrund der höheren Verbisspräferenz im Vergleich zur Fichte ebenfalls bei der Buche. Das Modell konnte jedoch eine dynamische Buchenentwicklung mit steigenden Stammzahlanteilen bei moderaten Verbisszenarien aufzeigen, bevor es bei starkem Verbissdruck auch bei dieser Baumart zu Stammzahlverlusten kommt.

Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Analyse der errechneten Standflächen, die auf der Grundfläche basiert und etwa die Kronenquerschnittsfläche abbildet. Als Unterschied fällt auf, dass die Fichte bei steigendem Verbissdruck deutlich dominiert, der Anteil der Tanne starke Einbußen verzeichnet und auch die Buche an Gewichtung verliert. Dennoch verzeichnet die Buche bei moderaten Verbisszenarien einen anfänglichen Zugewinn an Standflächenanteilen, wenngleich bei weiterer Wildbestandssteigerung der Anteil sinkt (Abb. 2).

### Baumhöhenentwicklung

Die Höhenentwicklung im Verjüngungsstadium (Abb. 3, unten) erfolgte für alle Baumarten bei größer werdender Wilddichte langsamer und die Auswirkungen wurden mit steigender Verbisspräferenz deutlicher. So konnte für die Baumart Tanne innerhalb von 12 Jahren bei normaler Wilddichte (Szenario E) ein Verlust von 55 % der Höhe im Vergleich zu einem Szenario ohne Wildeinfluss aufgezeigt werden. Bei der 1,5-fachen Wilddichte (Szenario G) erfuhr diese Baumart eine Minderung von 63 % des Höhenzuwachses im Vergleich zum Sze-

### Baumhöhen über das Bestandesalter



**Abb. 3:** Oben: Baumhöhen des BHD-stärksten Fünftels pro Baumart über das Bestandesalter; unten: durchschnittliche Sämlingshöhe der einzelnen Baumarten innerhalb der ersten 25 Jahre der Bestandesentwicklung. Szenario A–G: steigende Wilddichte von 0 % (vergleichbar mit einer Zaunfläche) bis 150 %.

nario ohne Wildeinfluss. Auch die Baumart Fichte musste bei dieser hohen Wilddichte 15 % ihres Sämlingszuwachses einbüßen (Abb. 3).

### Diskussion

Wie bereits an der simulierten Höhenentwicklung der Verjüngung erkennbar und aus der Praxis vielfach bekannt, leidet speziell die Tanne stark unter steigendem Verbissdruck. Dies bedeutet insbesondere im untersuchten Verjüngungs- und Jugendstadium einen schwerwiegenden Nachteil im inter- wie im intraspezifischen Konkurrenzkampf um Ressourcen. Mit fortschreitendem Bestandesalter wird die Tanne folglich unterdrückt. Obwohl die Buche einer höheren Verbisspräferenz im Vergleich zur Fichte unterliegt, konnte gerade diese konkurrenzstarke Laubbaumart von moderaten Verbisszenarien relativ zu den übrigen Baumarten profitieren und sowohl in Bezug auf Stammzah-

len als auch auf eingenommene Standfläche Zugewinne verzeichnen. Dies lässt sich auf die veränderte Ressourcenverfügbarkeit durch die Wachstumsrückstände der Tannen zurückführen. Würde die Buche zusätzlich waldbaulich unterstützt, könnten hier höhere Anteile im späteren Bestandsbild erreicht werden.

Auch der Höhenzuwachs der Fichte wurde im Verjüngungsstadium bei steigender Wilddichte vermindert, später ergeben sich jedoch größere Baumhöhen mit steigender Wilddichte. Dies lässt sich auf eine verbesserte Konkurrenzsituation in der Bestandesentwicklung zurückführen. Betrachtet man den absoluten Höhenunterschied zwischen den drei Baumarten über die Bestandesentwicklung hinweg, zeigt sich, dass die Fichte gegenüber den beiden Mischbaumarten schnell einen Höhenvorsprung aufweist (Abb. 3, oben) und so dauerhaft die Buchen und insbesondere die Tannen unterdrückt.

Die präsentierten Ergebnisse beruhen auf einer Simulation eines Computermodells. Zu diskutieren sind die gewählte Form der Bestandesbegründung und die Einbringung der Mischbaumarten. Aus forstpraktischer Sicht wäre eine Vorausverjüngung unter Schirm sicherlich sinnvoll gewesen, was jedoch zur besseren Vergleichbarkeit der Baumarten unterlassen wurde. Das prozessbasierte Computermodell folgt hauptsächlich einem Lichtnutzungsansatz und bezieht klimatische sowie edaphische Parameter ein. Eine zeitlich versetzte Einbringung würde daher zu ungleichmäßigen Wuchsbedingungen führen. Zudem ist zu betonen, dass die Simulationen historische Klimadaten verwenden und keine Störungen wie Windwurf oder sonstige Kalamitäten einbeziehen, was voraussichtlich zu veränderten Mischungsverhältnissen mit geringeren Fichtenanteilen führen würde. Ebenso wenig wurden forstwirtschaftlichen Eingriffe berücksichtigt, was eine weitere Verzerrung der Ergebnisse nach sich ziehen würde. Auch diese Restriktionen verhindern höhere Anteile an Buche und Tanne im späteren Bestand, selbst bei geringeren Wilddichten.

Bei der Simulation wurden alle Zellen mit der gleichen baumartspezifischen Verbisswahrscheinlichkeit belegt. Nicht modelliert wurden somit Habitat- und Äsungsverhalten der Wildtiere sowie wildbiologische Verhaltensweisen und deren Veränderungen. Um dies zu realisieren, bedarf es der Simulation auf größerer Fläche und einer individuellen Simulation von Einzeltieren, was Gegenstand einer aktuell laufenden Folgestudie ist.

#### Literaturhinweise:

[1] BERNARD, M.; BOULANGER, V.; DUPOUEY, J.-L.; LAURENT, L.; MONTPIED, P.; MORIN, X.; PICARD, J.-F.; SAÏD, S. (2017): Deer browsing promotes Norway spruce at the expense of silver fir in the forest regeneration phase, *Forest Ecology and Management* 400, 269-77. [2] GILL, R. M. A. (1992): A Review of Damage by Mammals in North Temperate Forests: 3. Impact on Trees and Forests, *Forestry* 65, 363-88. [3] UNKULE, M.; PIEDALLU, C.; BALANDIER, P.; COURBAUD, B. (2022): Climate and ungulate browsing impair regeneration dynamics in spruce-fir-beech forests in the French Alps, *Annals of Forest Science* 79, 11. [4] KUPFERSCHMID, A. D.; WASEM, U.; BUGMANN, H. (2014): Light availability and ungulate

## Folgerungen

In der Studie konnte gezeigt werden, dass bereits geringe Änderungen an der Rehwilddichte einen Einfluss auf die folgende Bestandesstruktur – hier gemessen an Stammzahl, Standfläche und Höhenentwicklung – haben. In dem Forschungsprojekt soll nachfolgend untersucht werden, wie sich das Habitat- und das Äsungsverhalten auf die Bestandeszusammensetzung auswirken können. Durch ein agentenbasiertes Modell sollen die vorher genannten Bewegungsabläufe des Rehwildes simuliert und so die Auswirkungen einer absoluten Tierindividuenzahl abgeschätzt werden.



#### Dominik Holzer

dominik.holzer@tum.de

forscht an der Professur für Waldinventur und nachhaltige Nutzung der TU München mithilfe von agentenbasierten Modellen zu dynamischen Entmischungseffekten durch Wildverbiss. Prof. Dr. Thomas Knoke leitet die Professur, an der auch Kai Bödeker und Jonathan Fibich tätig sind. Dr. Werner Rammer forscht am benachbarten Lehrstuhl für Ökosystemdynamik und Waldmanagement in Gebirgslandschaften.

browsing determine growth, height and mortality of *Abies alba* saplings, *Forest Ecology and Management* 318, 359-69. [5] AMMER, C. (1996): Impact of ungulates on structure and dynamics of natural regeneration of mixed mountain forests in the Bavarian Alps, *Forest Ecology and Management* 88, 43-53. [6] 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, *Ecological Modelling* 493, 110741. [7] SEIDL, R.; RAMMER, W.; SCHELLER, R. M.; SPIES, T. A. (2012): An individual-based process model to simulate landscape-scale forest ecosystem dynamics, *Ecological Modelling* 231, 87-100.

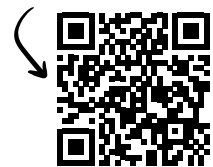


## NACHHALTIGE SCHUTZHÜLLEN

### FÜR EINEN WALD OHNE PLASTIKMÜLL!

Schnell montiert  
Gut durchdacht  
Umweltbewusst  
Wir liefern montagefertige Schutzhüllen, mit integrierten Haltestäben!

für mehr Details



**TOKO TOKO GmbH**  
Schutzhüllen  
Spitalhofweg 40  
88316 Isny im Allgäu  
+49 176 11 49 19 10  
www.toko-toko.de  
info@toko-toko.de