

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

**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein

**Band:** 171 (2020)

**Heft:** 2

**Artikel:** Einschätzung des Verbisseinflusses in zwei Wildräumen des Kantons St. Gallen

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

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1097282>

### **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:** 02.05.2026

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

# Einschätzung des Verbisseinflusses in zwei Wildräumen des Kantons St. Gallen

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

## Einschätzung des Verbisseinflusses in zwei Wildräumen des Kantons St. Gallen

Im Frühjahr 2018 wurde in einem Wildraum mit viel Verjüngung und gutachtlich wenig Verbiss (Wildraum 2) sowie einem mit weniger Verjüngung und gutachtlich viel Verbiss (Wildraum 8) eine Pilotstudie zur Einschätzung des Einflusses von Verbiss durch wildlebende Huftiere auf die Baumverjüngung durchgeführt. In einem systematischen Raster mit 903 Probeflächen wurden die nächsten zwei Bäumchen je Art und Höhenklasse vermessen. Die Endtriebverbiss-Stärke wurde in fünf Klassen angesprochen (kein Verbiss, leichter Endtriebverbiss, starker Endtriebverbiss, beschädigt, kein Endtrieb vorhanden). Mit diesen Daten wurden je Baumart die räumliche Verteilung, die Dichte, die Durchwuchszeit sowie die durch Verbiss bedingten Änderungen in den relativen Höhenzuwachsen der verschiedenen Baumarten untereinander berechnet. Im Wildraum 8 war die Verjüngung von beim Wild beliebten Baumarten spärlich und auf wenige Probeflächen beschränkt. Die errechnete Durchwuchszeit der Tanne im Wildraum 8 war gegenüber der Fichte im Wildraum 8 und gegenüber der Fichte und der Tanne im Wildraum 2 verbissbedingt um etwa ein Drittel erhöht. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass im Wildraum 8 nicht nur die Etablierungsbedingungen tendenziell schlechter als im Wildraum 2 waren, sondern auch der Verbisseinfluss früher einsetzte (d.h. bei kleineren Bäumchen und bereits bei leichtem Endtriebverbiss) und der Verbiss an Tanne und Fichte häufiger war. Es liegt deshalb nahe, dass die geringere Stammzahl von Tanne und Ahorn im Wildraum 8 mindestens teilweise durch Totverbiss bedingt sein könnte.

**Keywords:** tree regeneration, ungulate browsing, *Abies alba*, nearest-tree method, regeneration monitoring, browsing survey

**doi:** 10.3188/szf.2020.0079

\* Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf, E-Mail [andrea.kupferschmid@wsl.ch](mailto:andrea.kupferschmid@wsl.ch)

Die Jagdplanung im Kanton St. Gallen erfolgt für Reh und Gams in Wildräumen, für Rothirsche in Rotwild-Hegegemeinschaften. Ein Wildraum ist ein geografischer Raum, der das ganzjährige Habitat inklusive Sommer- und Winterstände einer Teilpopulation dieser wildlebenden Huftiere umfasst. Mit dem Wildtiermanagement in Wildräumen wird sichergestellt, dass Ziele, Massnahmen und Wirkung möglichst deckungsgleich sind (BAFU 2010). Informationen zur quantitativen Entwicklung des Einflusses von wildlebenden Huftieren auf die natürliche Baumverjüngung sollten idealerweise ebenfalls auf der Ebene des Wildraumes vorliegen. Deswegen gibt der Bund in seiner Vollzugshilfe «Wald und Wild» vor, dass bei regionalen Wald-Wild-Konzepten der Wildraum die Bezugsfläche darstellt (BAFU 2010).

Damit ein Einfluss des Verbisses durch wildlebende Huftiere auf die Baumverjüngung objektiv

eingeschätzt werden kann, sind gemäss Kupferschmid et al (2019a) insbesondere Informationen nötig

- zur räumlichen Verteilung und zur Dichte der Verjüngung,
- zur Endtriebverbiss-Stärke (nur Endknospen oder grosse Teile des Endtriebes) und zu deren Häufigkeit,
- zum Höhenzuwachs der Bäumchen und damit zur Zeitdauer, in der die Verjüngung dem Verbiss durch wildlebende Huftiere ausgesetzt ist (Durchwuchszeit),
- zum Höhen- und Zuwachsverlust durch Verbiss und damit zu den Änderungen im Zuwachs der verschiedenen Baumarten untereinander und
- zur verbissbedingten Mortalität der Bäumchen.

Die durch Verbiss bedingte Mortalität (Kupferschmid et al 2014) und die Reaktionsgeschwin-

digkeit bzw. die zeitliche Verzögerung bis zur Neuausbildung eines Endtriebes (Kupferschmid & Heiri 2019) sind zweifellos wichtige Faktoren. Eine objektive Einschätzung dieser Faktoren ist aus Zeit- und Kostengründen auf Ebene Wildraum aber fast nicht machbar. Die anderen genannten Informationen können hingegen mittels der 2-Baum-Methode, d.h. der Vermessung der nächsten zwei Bäumchen je Art und Höhenklasse (Kupferschmid & Gmür 2020, dieses Heft; Huber et al 2018; Kupferschmid 2018), objektiv und reproduzierbar gemessen werden.

Im vorliegenden Artikel wird, gestützt auf die 2-Baum-Methode, der Einfluss von Verbiss durch wildlebende Huftiere auf die vorhandene Verjüngung gesondert nach Baumart und Höhenstufe für zwei bezüglich Verjüngungsdichte und gutachtlichen Verbisseinflusses unterschiedliche Wildräume des Kantons St. Gallen eingeschätzt.

## Methode

### Wildräume, systematisches Raster und Höhenstufen

Anhand der Indikatorflächen und der Ergebnisse der Lebensraumbeurteilung (gutachtliche Einschätzung der Verbissituation durch die Revierförster und die Jäger) wurden im Kanton St. Gallen zwei

Wildräume (WR) ausgesucht: WR2 mit viel Verjüngung und relativ geringem Verbisseinfluss und WR8 mit geringerer Verjüngungsdichte und hohem Verbiss. Die Waldfläche (inkl. Gebüschwald) beläuft sich im WR2 auf 8164 ha und im WR8 auf 7004 ha (Abbildung 1).

Über den ganzen Kanton wurde ein systematisches Raster von Probeflächen (PF) gelegt. Im WR2 wurde das Basisraster von 500 × 500 m verwendet, im WR8 musste das Raster auf 353 × 353 m verdichtet werden, um genügend Verjüngung der Hauptbaumarten<sup>1</sup> je Höhenstufe vermessen zu können. Daraus resultierten 324 PF im WR2 und 579 PF im WR8.

Auswertungen von 17 Indikatorflächen im Kanton St. Gallen ergaben deutliche Unterschiede zwischen Buchenwäldern und Tannen-Buchenwäldern bezüglich des Verbisseinflusses auf die Tannenverjüngung (Kupferschmid 2018). Weil die untersuchten Tannen-Buchenwälder im Schnitt auf über 900 m ü.M. lagen, leiteten wir daraus folgende provisorische Aufteilung der Höhenstufen ab<sup>2</sup>:

- «Buchenwaldstufe»: <900 m ü.M.,
- «Tannenwaldstufe»: 900–<1500 m ü.M.,
- «Subalpine Fichtenwaldstufe»: 1500 m ü.M. bis Waldgrenze.

### Aufnahmen je Probefläche

Für jede PF wurden Basisdaten erhoben, die unter anderem folgende Bereiche umfassten:

- «Aufnahme möglich» (ist die PF zugänglich, effektiv im Wald, kein Gebüschwald),
- Beschattung,
- Deckung verdämmender Vegetation,
- «Verjüngung erwünscht oder erforderlich» (wurden auf der PF waldbauliche Massnahmen zur Förderung der Verjüngung eingeleitet oder stimmen die Verhältnisse aus natürlichen Gründen, z.B. wegen eines Sturmlochs),
- Entwicklungsstufe,
- Waldstruktur.

Je PF wurden die nächsten zwei Bäumchen je Art 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 bis <4 cm Durchmesser auf Brusthöhe [BHD])

1 Hauptbaumarten (Schlüsselbaumarten) sind die in einer Waldgesellschaft (Buchenwald, Tannen-Buchenwald, Tannen-Fichtenwald, Ahorn-Eschenwald usw.) natürlicherweise dominierenden Baumarten. Nebst Buchen, Tannen und Fichten bezeichnen wir hier Ahorn als Hauptbaumart, da der Bergahorn in vielen Laubwäldern der hochmontanen und subalpinen Stufe bestandesbildend sowie in einigen Tannen-Buchenwäldern der obermontanen Stufe von Bedeutung ist (Frehner et al 2009). Die Vogelbeere und die Esche wurden hingegen für diesen Pilotversuch weggelassen. Auf die weiteren, selteneren Waldstandorte (z.B. Eichenwälder) und somit die selteneren Hauptbaumarten wird in dieser Übersicht nicht eingegangen.

2 Für zukünftige Aufnahmen empfehlen wir aber, entweder die Höhenstufen aus den Waldstandortkarten des Kantons St. Gallen oder die für das Jahr 1995 modellierten Vegetationshöhenstufen (<https://map.geo.admin.ch>) zu verwenden.

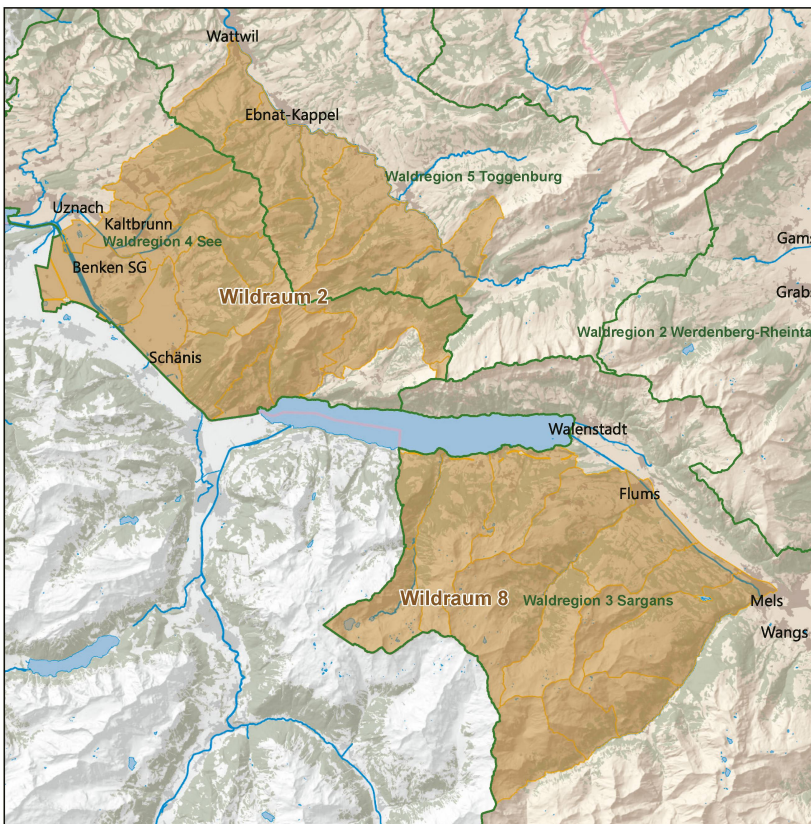


Abb 1 Wildräume 2 und 8 des Kantons St. Gallen (braun). Wildräume sind die Einheiten für die vierjährige strategische Jagdplanung des Kantons für Reh und Gämse und orientieren sich an den Jagdreviergrenzen (braun). Die Grenzen der Waldregionen (grün) bilden teilweise auch die Kantonsgrenze.

für die Arten Fichte, Weisstanne und Föhre mit 8 m maximaler Suchdistanz und für Buche, Ahorne, Eichen und Linden mit 5 m maximaler Suchdistanz (hangneigungskorrigiert) erfasst. 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 und die Verbissstärke am Endtrieb getrennt nach Sommer- und Winterverbiss notiert. Die Länge des Schaftes inkl. Endtrieb (Terminaltrieb oder Leittrieb) des Jahres 2017 galt als Baumhöhe. Es wurden der Schaft und der Endtrieb beurteilt, die vom Stammfuss zum Gipfel die geringste Richtungsänderung zeigten und die höchste Spitze bildeten. Bei Mehrstämmigkeit wurde der höhere Trieb vermessen (Kupferschmid et al 2018). Die Endtrieblänge war der Zuwachs am letzten abgeschlossenen Endtrieb (in der Regel also des Vegetationsjahres 2017) oder dessen Rest nach Verbiss oder sonstiger Beschädigung. Bei Sommerverbiss wurde nur das nicht «verdorrt» frische Reaktionsstück gemessen (Kupferschmid et al 2018). Die Verbissstärke am Endtrieb wurde unterteilt in die Kategorien «kein Verbiss», «leichter Verbiss» (Frass der Endknospen, seitliche Knospen am Reststück noch vorhanden), «starker Verbiss», «weitere Schäden» (Frostschäden, Trieb abgemäht, Gipfeldürre usw.) und «kein Endtrieb vorhanden» (Kupferschmid et al 2018).

### Auswertung

Zwei Flächenanteile inklusive Standardfehler wurden berechnet (Huber et al 2018). Beide dieser Schätzer sind frei von Schätzfehlern, also treue Schätzer (Huber et al 2018). Erstens wurde je Art der Anteil der mit Bäumchen dieser Art besetzten Fläche berechnet (= Anzahl PF mit Art x dividiert durch die Gesamtzahl der PF). Zweitens wurde der Anteil der verbissenen Bäumchen einer Art an der mit dieser Art besetzten Fläche berechnet (= Anzahl PF, in denen das dem PF-Zentrum am nächsten gelegene Bäumchen der Art x verbissen war, dividiert durch die Anzahl PF, in denen Art x vorkam).

Mittels der Distanz vom nächsten (D1) und vom zweitnächsten (D2) Bäumchen zum PF-Zent-

rum konnte die Dichte je Art mit Formel 1 (k-Baum-Methode; Kleinn et al 2009) approximiert werden.

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

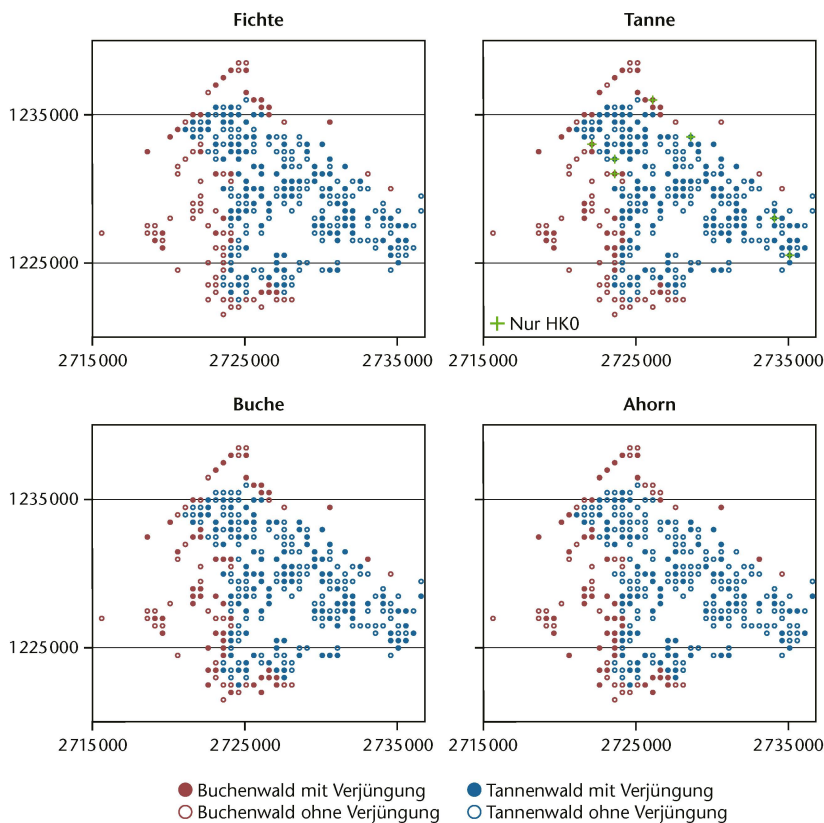
Dieser Dichteschätzer ist infolge der unbekannt räumlichen Verteilung der Bäumchen nicht frei von Schätzfehlern (Magnussen et al 2008). Für den vorliegenden Zweck reicht dies aber (Kupferschmid & Gmür 2020, dieses Heft).

Ist der jährliche Höhenzuwachs in den verschiedenen HK bekannt, so lässt sich abschätzen, wie lange die Bäumchen dem Verbiss durch wildlebende Huftiere ausgesetzt sind. Es kann also approximativ eine Durchwuchszeit in Jahren berechnet werden. Für die Durchwuchszeit wurden hier nur die HK zwischen 10 cm und 129.5 cm Baumhöhe berücksichtigt, weil 1) nur wenige Bäumchen in der HK5 vorhanden waren und 2) Reh, Gams und Hirsch besonders die Endtriebe der Bäumchen dieser HK abfressen (Gill 1992, Kupferschmid & Brang 2010). Die Durchwuchszeit je Art und WR wurde für Bäumchen ohne Verbiss oder mit leichtem Endtriebverbiss berechnet. Dies, da der Höhenzuwachs zum Teil infolge leichten Verbisses an den vitalsten Bäumchen unterschätzt wird, wenn nur unverbissene Bäumchen verwendet werden (Kupferschmid 2018). Diese Durchwuchszeiten wurden auf zwei verschiedene Arten berechnet. Einerseits wurde je Art und WR eine robuste lineare Regression (Funktion «line» in R, Version 3.3.3) zwischen den Baumhöhen und den Endtrieben von unverbissenen und leicht verbissenen Bäumchen gerechnet. Diese errechnete lineare Beziehung wurde ausgehend von einer Starthöhe von 10 cm bis zu einer Baumhöhe von  $\geq 130$  cm angewendet. Andererseits wurde die Durchwuchszeit mit den Endtrieblängen, die dem oberen Quartil ( $Q_{0.75}$ ) der Endtrieblängenverteilung je HK, Art und WR entsprachen (R-Funktion «quantile(0.75)»), abgeschätzt. Mit diesen Zuwächsen wurde dann wiederum ausgehend von 10 cm Baumhöhe die Durchwuchszeit je Art und WR kalkuliert. Alle diese Durchwuchszeiten sind natürlich nicht unabhängig vom Wildverbiss, da 1) leicht verbissene Bäumchen besser gewachsen wären ohne Verbiss und 2) sowohl leicht verbissene als auch unverbissene Bäumchen in früheren Jahren eventuell stark verbissen worden waren und als Folge davon im Jahr der Endtriebmesung weniger gut gewachsen waren. Aber die maximale Zuwachsrate je HK würde die Durchwuchszeit zu sehr unterschätzen.

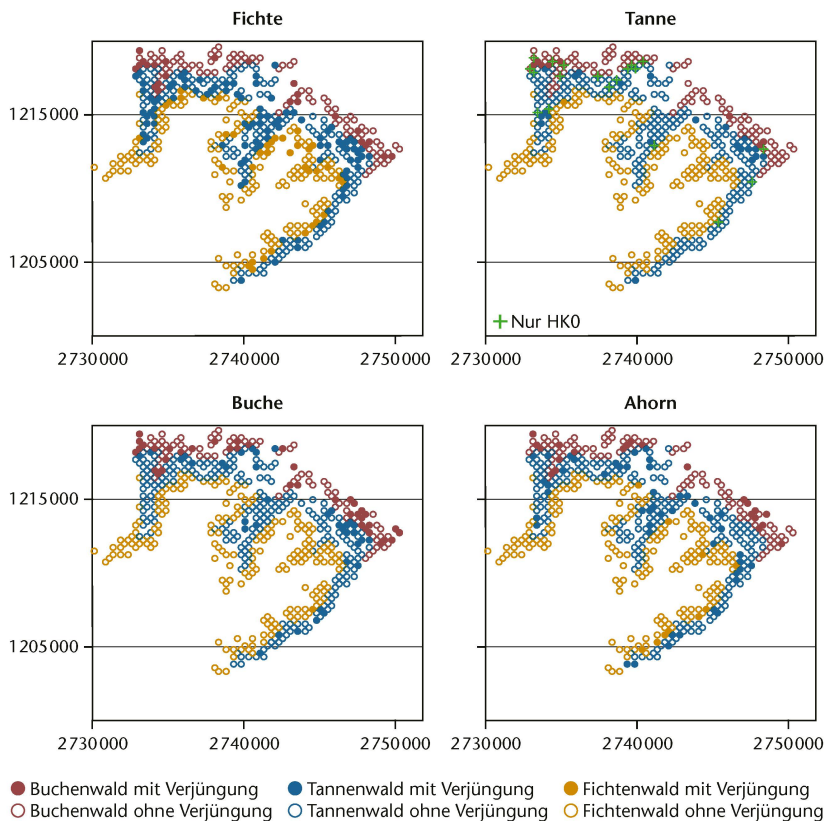
Da die Endtrieblängen zwischen 10 cm und 129.5 cm Baumhöhe linear mit den Baumhöhen zunahmen (vgl. z.B. Tabelle 4), konnten auch innerhalb der HK nicht die absoluten Endtrieblängen miteinander verglichen werden. Deshalb wurde der relative Zuwachs jedes Bäumchens berechnet, indem die Endtrieblänge durch die Baumhöhe dividiert

Wildraum	Höhenstufe	Besetzter Flächenanteil (%)						
		Fichte	Tanne	Föhre	Buche	Ahorn	Eiche	Linde
WR2	Buchenwald	49.2	55.9	0.0	83.1	81.4	5.1	16.9
	Tannenwald	74.0	79.9	0.0	70.8	54.5	0.6	0.6
	<b>Total</b>	<b>67.3</b>	<b>72.9</b>	<b>0.0</b>	<b>73.8</b>	<b>61.7</b>	<b>1.9</b>	<b>5.1</b>
WR8	Buchenwald	49.0	18.4	0.0	79.6	44.9	6.1	16.3
	Tannenwald	73.8	16.2	0.8	27.7	35.4	0.0	0.0
	Fichtenwald	84.1	2.3	0.0	2.3	22.7	0.0	0.0
	<b>Total</b>	<b>70.4</b>	<b>13.9</b>	<b>0.4</b>	<b>34.1</b>	<b>35.0</b>	<b>1.3</b>	<b>3.6</b>

Tab 1 Anteil der mit Bäumchen der Höhenklassen HK1 bis HK4 besetzten Fläche je Art und Höhenstufe.



**Abb 2** Lage der Probeflächen (PF) im Wildraum 2 mit Verjüngung der Höhenklassen HK1 bis HK4 (ausgefüllte Symbole) und ohne Verjüngung (leere Symbole) je Höhenstufe (Farbe). Bei der Tanne sind zusätzlich die PF, in denen HK0-Tannen vermessen wurden, mit einem grünen Kreuz markiert. Total wurden 324 PF im Raster von 500 × 500 m untersucht.



**Abb 3** Lage der Probeflächen (PF) im Wildraum 8 mit Verjüngung der Höhenklassen HK1 bis HK4 (ausgefüllte Symbole) und ohne Verjüngung (leere Symbole) je Höhenstufe (Farbe). Bei der Tanne sind zusätzlich die PF, in denen HK0-Tannen vermessen wurden, mit einem grünen Kreuz markiert. Total wurden 579 PF im Raster von 353 × 353 m untersucht.

wurde. Für weitere Details zur Auswertung verweisen wir auf Kupferschmid (2019).

Damit ein Einfluss der wildlebenden Huftiere auf die Baumverjüngung 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 beziehen sich ausschliesslich auf PF, welche diese Bedingungen erfüllten. Im WR2 waren das 59 PF in der Buchen- und 154 in der Tannenwaldstufe (total 214). Im WR8 waren es 49 PF in der Buchen-, 130 in der Tannen- und 44 in der Fichtenwaldstufe (total 223). Im WR2 erfüllte nur eine von den sieben PF in der subalpinen Fichtenwaldstufe die Bedingungen, weswegen diese Höhenstufe im WR2 nicht ausgewertet wurde. Weiter werden in diesem Artikel keine Resultate der HK5-Bäumchen vorgestellt (Gründe siehe Durchwuchszeit).

## Resultate

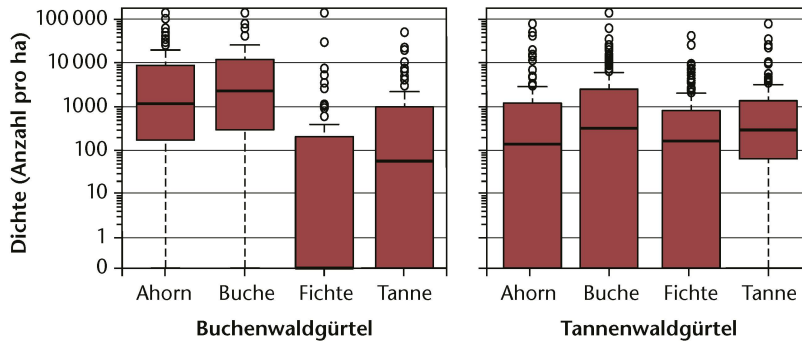
### Räumliche Verteilung der Verjüngung

Die Buche kam in beiden WR in rund 80% der PF in der Buchenwaldstufe vor (Tabelle 1). Die Fichte wurde in beiden WR in der Buchenwaldstufe in knapp der Hälfte der PF gefunden und in der Tannenwaldstufe in über 70%. Zudem kam sie in der Fichtenwaldstufe des WR8 in über 80% der PF vor. Der Ahorn war im WR2 deutlich stetiger als im WR8: Im WR2 wurde er in gut 80% der PF der Buchenwaldstufe und in über 50% der PF der Tannenwaldstufe gefunden, im WR8 dagegen in allen drei Höhenstufen in weniger als 50% der PF. Noch ausgeprägter waren die Unterschiede zwischen den WR bei der Tanne. In der Tannenwaldstufe beispielsweise wurde im WR2 in 80% der PF Tannenverjüngung gefunden, im WR8 dagegen nur gerade in 16% (Tabelle 1). In zusätzlich 8% der PF im WR8 kam die Tanne in der HK0 vor (Abbildung 3). Bis auf die Tanne im WR8 kamen die Hauptbaumarten der jeweiligen Höhenstufe also recht stetig vor.

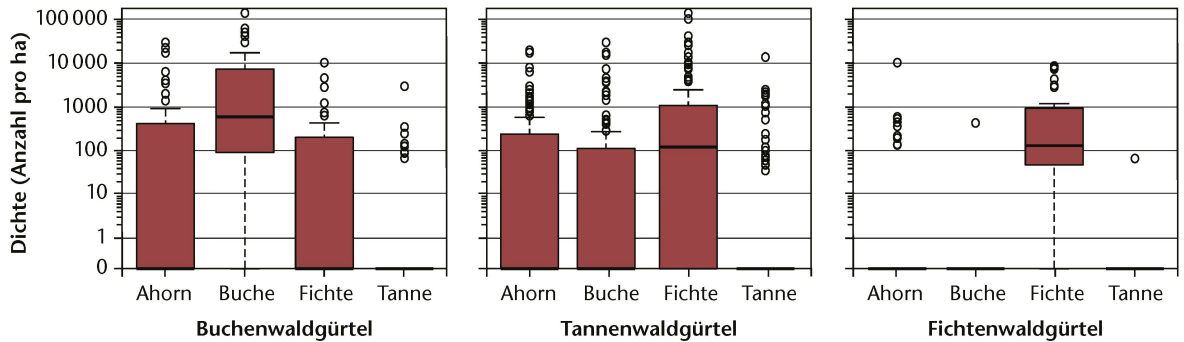
Eiche und Linde waren in beiden WR (praktisch) nur in der Buchenwaldstufe vorhanden. Ihr Flächenanteil war mit 5% bis 6% bei der Eiche und 16% bis 17% bei der Linde in beiden WR sehr ähnlich und klein (Tabelle 1).

Im WR2 verteilten sich die häufigeren Baumarten recht regelmässig auf die untersuchte Waldfläche der entsprechenden Höhenstufe (Abbildung 2). Im WR8 trifft dies auch auf Buche und Fichte zu (Abbildung 3). Die Zonierung bei der Buche auf den Buchenwald war allerdings stärker als im WR2. Die Tanne wurde hingegen im WR8 nur in wenigen, oft nahe beieinanderliegenden PF gefunden, zum Beispiel in der Region um den Chapfensee (oberhalb von

### Wildraum 2



### Wildraum 8



**Abb 4** Dichte je Probefläche für Bäumchen der Höhenklassen HK1 bis HK4, approximiert mit der k-Baum-Methode je Hauptbaumart, Höhenstufe und Wildraum. 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) und die Ausreisser (Punkte). Man beachte die Log-Skala.

Mels; Abbildung 3). Auch beim Ahorn war die Verteilung geklumpfter als im WR2 (Abbildungen 2 und 3). Aussagen zur Verjüngungsdichte, zur Durchwuchszeit und zum Verbisseinfluss betreffen deshalb besonders bei der Tanne und beim Ahorn im WR8 nur wenige «Kleinregionen». Es ist somit Vorsicht geboten bei der Interpretation für den Wald der gesamten Höhenstufe.

### Verjüngungsdichte

In beiden WR dominierten in der Buchenwaldstufe auch bezogen auf die Stammzahl klar die Buchen die Verjüngung (Tabelle 2 und Abbildung 4). Im WR2 kamen aber auch viele Ahorne vor, und selbst die Tanne war in der Hälfte der PF mit mindestens einem Baum innerhalb der 8 m Suchdistanz vertreten (Median sichtbar in Abbildung 4). Weil die Fichte aber in einer Probefläche eine höhere Dichte als die Tanne erreichte (Abbildung 4), lag die mittlere Dichte pro PF bei der Fichte leicht höher als bei

der Tanne (Tabelle 2). In der Tannenwaldstufe des WR2 kamen Fichte, Tanne, Buche und Ahorn alle jeweils in mehr als der Hälfte der PF innerhalb der 5 m Suchdistanz vor. Die Tanne war dabei die stetigste Baumart (siehe untere Begrenzung der Boxen in Abbildung 4) und die Buche die stammzahlreichste (Abbildung 4 bzw. Tabelle 2).

In der Tannenwaldstufe des WR8 hingegen war die Fichte die häufigste Baumart (Abbildung 4 bzw. Tabelle 2). Ahorn und Buche waren deutlich seltener, aber immerhin konnte für etwas mehr als ein Viertel der PF eine Dichte berechnet werden. Die mittlere Dichte lag deshalb bei rund 700 Bäumchen pro ha. Die Tanne wurde nur in einzelnen PF gefunden (vgl. Ausreisser in Abbildung 4), weshalb die mittlere Dichte nur rund 210 Stück pro ha betrug (Tabelle 2).

In der Fichtenwaldstufe des WR8 kamen eigentlich fast nur Fichten vor, wobei in der Hälfte der PF diese Fichten innerhalb von 5 m gefunden wurden (auch wenn maximal 8 m abgesucht wurden; Abbildung 4). In einzelnen PF wurden zudem Ahorne gefunden, sodass die mittlere Dichte bei rund 300 Stück pro ha lag (Tabelle 2). Vogelbeeren wären ebenfalls vorgekommen, mussten aber nicht als nächste Bäumchen vermessen werden.

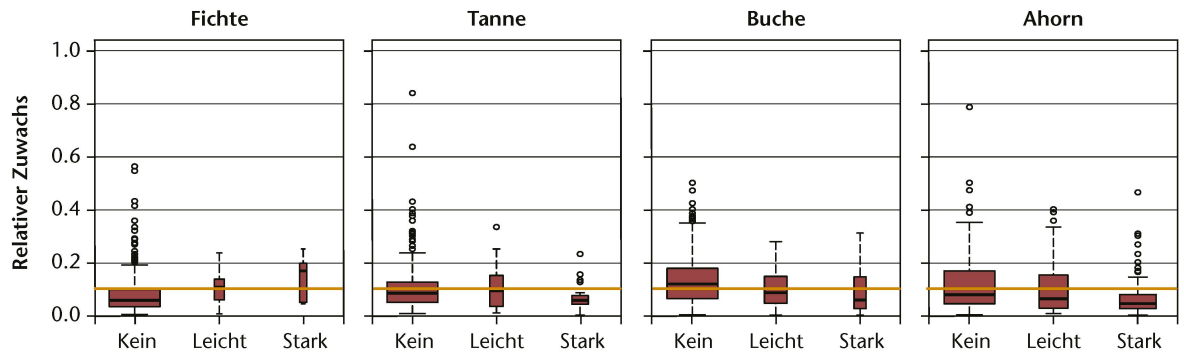
### Höhenzuwachs und Endtrieb-Verbisstärke

Die Hauptbaumarten wiesen in beiden WR ähnliche relative Zuwächse auf. Die Zuwächse waren über alle Arten gesehen im WR8 sogar etwas größer als im WR2 (Abbildung 5). Die Buche hatte den

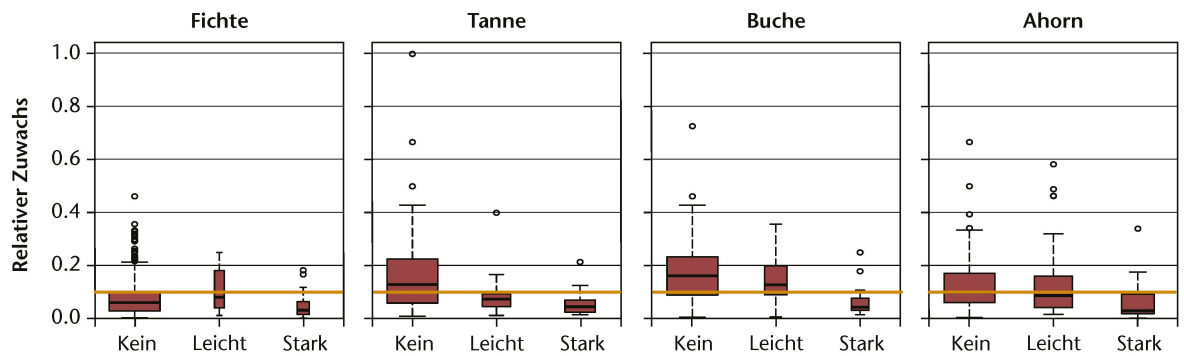
Wildraum	Höhenstufe	Dichte (Anzahl/ha)				
		Fichte	Tanne	Ahorn	Buche	Total
WR2	Buchenwald	3 408	2 503	12 254	28 132	46 297
	Tannenwald	1 295	2 149	2 699	4 219	10 362
WR8	Buchenwald	490	87	1 911	22 801	25 289
	Tannenwald	3 727	210	646	781	5 364
	Fichtenwald	1 061	2	305	10	1 377

**Tab 2** Mittelwert der je Probefläche errechneten Dichten (also Mean of Ratio; Höhenklassen HK1 bis HK4), approximiert mit der k-Baum-Methode je Hauptbaumart, Höhenstufe und Wildraum.

## Wildraum 2



## Wildraum 8



**Abb 5** Relativer Zuwachs der Hauptbaumarten der Höhenklassen HK1 bis HK4 für den Wildraum 2 (oben) und den Wildraum 8 (unten) je Endtriebverbiss-Stärke in den Kategorien kein Endtriebverbiss, leichter Endtriebverbiss, starker Endtriebverbiss. Bäumchen, die am Endtrieb beschädigt waren, wurden weggelassen. Die gelbe Linie zeigt einen relativen Zuwachs von 0.1, also z.B. 10 cm Endtrieblänge bei 100 cm Baumhöhe oder 1 cm bei 10 cm Baumhöhe. Die Breite der Boxen ist ein Mass für die Anzahl Bäumchen je Art und Wildraum.

grössten relativen Zuwachs, gefolgt von Tanne und Ahorn. Mindestens tendenziell waren die relativen Zuwächse von Tanne, Buche und Ahorn bei unverbissenen Bäumchen am grössten, bei stark am Endtrieb verbissenen am kleinsten (Abbildung 5). Bei der Tanne im WR2 und dem Ahorn im WR8 waren die relativen Zuwächse von unverbissenen und leicht verbissenen gleich gross (Abbildung 5). Sollten die leicht am Endtrieb verbissenen Tannen oder Ahorne effizient aus distalen Knospen am Reststück und ohne zeitliche Verzögerung reagieren, dann dürfte der Verbisseinfluss an diesen Bäumchen gering sein.

In Bezug auf den Flächenanteil der verbissenen Bäumchen und die Endtrieb-Verbissstärke zeigte sich, dass die meisten Fichten in beiden WR unverbissen waren (Abbildung 5, Tabelle 3). Allerdings belief sich

der Flächenanteil der verbissenen Fichten an der mit Fichten besetzten Fläche in der Fichtenwaldstufe des WR8 auf über 20% (Tabelle 3). Der Verbiss war auch beim Ahorn in den oberen Höhenstufen häufiger, d.h., der Flächenanteil verbissener Ahorne lag bei rund 30% in der Buchenwaldstufe und bei über 40% in der Tannenwaldstufe beider WR. Starker Verbiss an den Ahornen war dabei häufig (vgl. Breite der Boxen in Abbildung 5). Die Buche lag in der Regel zwischen Ahorn und Fichte, aber in der Buchenwaldstufe des WR8 war der Flächenanteil verbissener Buchen fast gleich hoch wie derjenige von Ahorn. Im WR2 waren 15% bis 21% der Tannen verbissen, im WR8 hingegen über 40% (Tabelle 3). Zudem dominierte im WR8 starker Endtriebverbiss (Abbildung 5). Dies bedeutet, dass bei der Tanne sowohl die Häufigkeit von Verbiss als auch die Verbissstärke im WR8 deutlich höher bzw. stärker ausfiel als im WR2.

Im WR8 wurden total 20 Tannen der HK0 beurteilt, 8 in der Buchenwald- und 12 in der Tannenwaldstufe (Abbildung 3). Der Flächenanteil verbissener HK0-Tannen an der mit HK0-Tannen untersuchten Fläche betrug 43%.

### Durchwuchszeiten

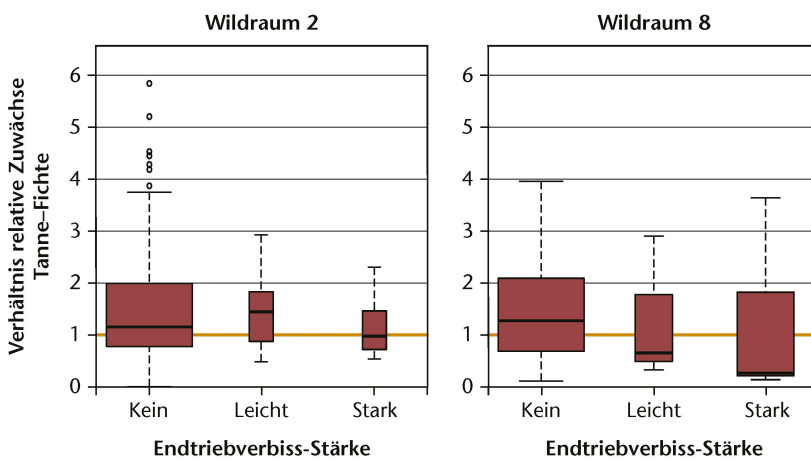
Die mittels der oberen Quartile ( $Q_{0.75}$ ) abgeschätzten Durchwuchszeiten waren generell deutlich tiefer als diejenigen, die mittels robuster Regres-

Wildraum	Höhenstufe	Flächenanteil der verbissenen Bäume (%)			
		Fichte	Tanne	Ahorn	Buche
WR2	Buchenwald	6.9	21.2	31.2	16.3
	Tannenwald	7.0	15.4	46.4	30.3
WR8	Buchenwald	8.3	44.4	27.3	25.6
	Tannenwald	10.4	42.9	52.2	36.1
	Fichtenwald	21.6	0	60	100

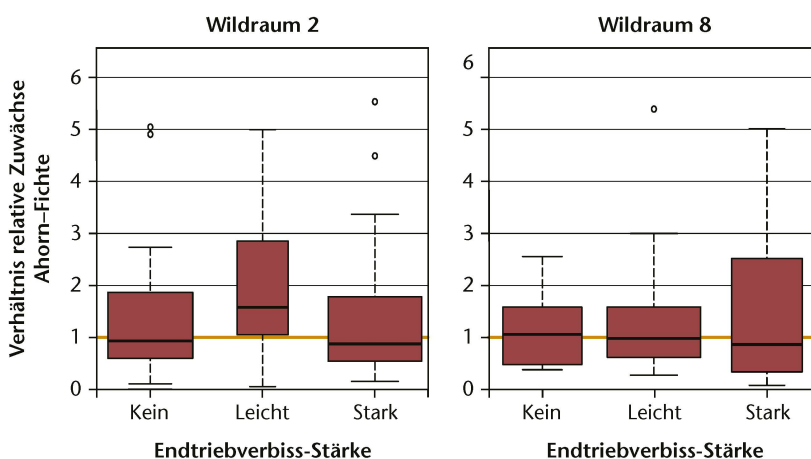
**Tab 3** Flächenanteil der verbissenen Bäume einer Art (Höhenklassen HK1 bis HK4) an der mit dieser Art besetzten Fläche je Höhenstufe. Kursiv gedruckt sind Flächenanteile, die mittels weniger als 20 nächster Bäumchen berechnet wurden.

Wildraum	Baumart	Oberes Quartil ( $Q_{0.75}$ ) der Endtrieblängen (cm)					Durchwuchszeit (Jahre), basierend auf	
		HK1	HK2	HK3	HK4	HK5	oberen Quartilen ( $Q_{0.75}$ )	robuster Regression
WR2	Fichte	3.00	4.50	7.50	7.00	14.50	26	41
	Tanne	2.50	5.00	9.00	12.00	19.50	24	34
	Ahorn	3.00	4.00	12.25	8.25	22.75	24	36
	Buche	5.00	9.00	13.00	18.00	24.00	14	21
WR8	Fichte	3.00	5.00	8.00	10.00	14.00	23	40
	Tanne	2.50	2.75	6.50	6.50	8.00	33	42
	Ahorn	3.00	10.25	9.00	17.25	25.50	19	31
	Buche	6.50	12.38	19.25	24.00	27.75	11	16

**Tab 4** Oberes Quartil ( $Q_{0.75}$ ) der Endtrieblängenverteilung je Höhenklasse (HK), Baumart und Wildraum und damit errechnete Durchwuchszeit von 10 cm bis  $\geq 130$  cm Baumhöhe. Zum Vergleich ist jeweils auch die Durchwuchszeit, die mittels robuster linearer Regression zwischen Baumhöhen und Endtrieblängen berechnet wurde, wiedergegeben.



**Abb 6** Relativer Zuwachs von Tanne dividiert durch den relativen Zuwachs von unverbissenen Fichten (errechnet je Höhenklasse und Probefläche) in der Tannenwaldstufe je Endtriebverbiss-Stärke an den Tannen in den Kategorien kein Endtriebverbiss, leichter Endtriebverbiss und starker Endtriebverbiss. Die gelbe Linie zeigt ein Verhältnis von 1, also gleiches Wachstum der beiden Arten. Die Breite der Boxen ist ein Mass für die Anzahl der Tannen-Fichten-Paare je Teilgrafik, also je Wildraum.



**Abb 7** Relativer Zuwachs von Ahorn dividiert durch den relativen Zuwachs von unverbissenen Fichten (errechnet je Höhenklasse und Probefläche) in der Tannenwaldstufe je Endtriebverbiss-Stärke an den Ahornen in den Kategorien kein Endtriebverbiss, leichter Endtriebverbiss und starker Endtriebverbiss. Die gelbe Linie zeigt ein Verhältnis von 1, also gleiches Wachstum der beiden Arten. Die Breite der Boxen ist ein Mass für die Anzahl der Ahorn-Fichten-Paare je Teilgrafik, also je Wildraum.

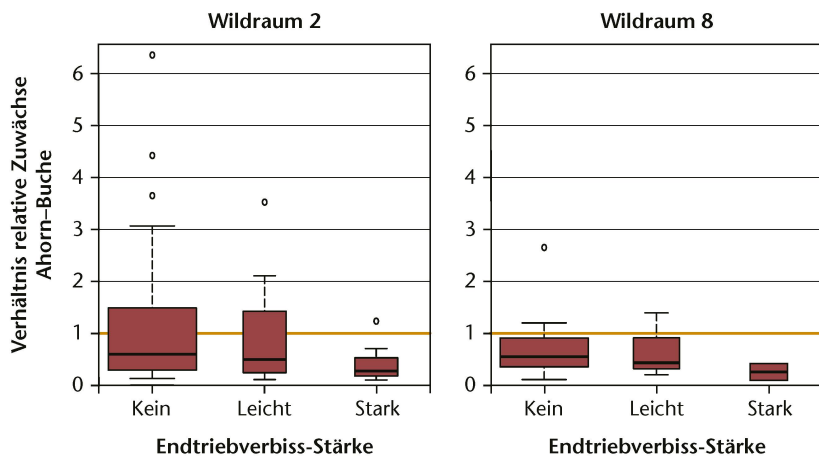
sionen ermittelt wurden (Tabelle 4). Bei der Fichte waren die Durchwuchszeiten in beiden WR ähnlich lang. Bei der Buche und beim Ahorn waren sie im WR8 etwas kürzer als im WR2. Bei der Tanne hingegen waren sie im WR8 viel länger, und dies trotz der Tatsache, dass der relative Zuwachs von unverbissenen Tannen in beiden WR ähnlich gross bzw. im WR8 leicht grösser als im WR2 war (Abbildung 5). Dies dürfte daran liegen, dass vor allem der Zuwachs der kleineren Tannen vergleichbar war, nicht aber derjenige von grösseren (Tabelle 4).

### Durch Verbiss bedingte Änderungen im Höhenzuwachs

Das Verhältnis der relativen Höhenzuwächse zweier Arten kann berechnet werden, wenn in einer PF von beiden Arten ein Individuum derselben HK vorhanden ist. Pro PF und HK wurde der relative Höhenzuwachs von Tanne oder Ahorn durch den entsprechenden relativen Höhenzuwachs von Fichte oder Buche dividiert. Dabei wurden alle verbissenen Fichten und Buchen weggelassen, damit die Verhältnisse besser interpretierbar waren. Ist dieses Verhältnis gleich 1 (vgl. die gelbe horizontale Linie in den Abbildungen 6 bis 8), haben beide Arten denselben relativen Höhenzuwachs, d.h., sie wachsen in den PF gleich gut. Bei einem Verhältnis  $>1$  wächst die Tanne oder der Ahorn besser als die Fichte oder die Buche, bei einem Verhältnis  $<1$  ist es umgekehrt. Längerfristig führt ein Verhältnis deutlich  $>1$  oder deutlich  $<1$  zum Ausfall einer Baumart. Bezüglich des Verbisseinflusses ist von Interesse, wenn das Verhältnis infolge des Verbisses von über oder gleich 1 auf unter 1 fällt und damit längerfristig verbissbedingt mit dem Ausfall der häufiger verbissenen Baumart gerechnet werden muss.

Unverbissene Tannen, Buchen und Ahorne wuchsen über alle Höhenstufen hinweg in beiden WR mindestens gleich gut oder deutlich besser als unverbissene Fichten (Abbildung 5). Betrachtet man für die Tanne nur die Tannenwaldstufe, dann wuchsen leicht verbissene Tannen im WR8 schlechter als unverbissene Fichten, im WR2 hingegen besser (Abbildung 6). Im WR2 verbissen die wildlebenden Huftiere die bestwüchsigen Tannen leicht am Endtrieb (Abbildung 6). Da der Zuwachs des Reststückes dieser leicht verbissenen Tannen immer noch deutlich grösser als der Zuwachs der Fichten war, dürfte die Tanne – sofern sie ohne zeitliche Verzögerung und aus einer Knospe distal am Reststück reagiert – keine durch Verbiss bedingten Konkurrenz Nachteile erleiden. Im WR2 waren in der Tannenwaldstufe 137 Tannen-Fichten-Paare in 82 verschiedenen PF vorhanden, womit eine solide Abschätzung des Einflusses möglich war.

In der Tannenwaldstufe des WR8 führte bereits leichter Verbiss an der Tanne zu einer Verschiebung des Höhenzuwachsverhältnisses zugun-



**Abb 8** Relativer Höhenzuwachs von Ahorn dividiert durch den relativen Höhenzuwachs von unverbissenen Buchen (errechnet je Höhenklasse und Probefläche) in der Buchenwaldstufe je Endtriebverbiss-Stärke an den Ahornen in den Kategorien kein Endtriebverbiss, leichter Endtriebverbiss und starker Endtriebverbiss. Die gelbe Linie zeigt ein Verhältnis von 1, also gleiches Wachstum der beiden Arten. Die Breite der Boxen ist ein Mass für die Anzahl der Ahorn-Buchen-Paare je Teilgrafik, also je Wildraum.

ten der Fichte (Abbildung 6). Die leicht verbissenen Tannen wuchsen im Mittel nur halb so gut wie die Fichten. Reagieren diese Tannen aus dem Reststück des Endtriebes, verlieren sie verbissbedingt rund drei Viertel ihres letzten Zuwachses. Häufig reagieren verbissene Tannen aber aus dem obersten Quirl (Kupferschmid & Heiri 2019) und verlieren damit den ganzen letztjährigen Höhenzuwachs. Kombiniert mit der Tatsache, dass nur wenige Tannen gefunden wurden (Tabelle 1) und rund 40% davon verbissen waren (Tabelle 3), muss in der Tannenwaldstufe des WR8 also bereits bei leichtem Verbiss mit einem waldbaulich relevanten Einfluss des Verbisses auf die Tannenverjüngung gerechnet werden. In der Tannenwaldstufe des WR8 fanden sich aber nur gerade 27 Tannen-Fichten-Paare, und diese waren auf nur 17 PF beschränkt.

Beim Ahorn fand sich in der Tannenwaldstufe des WR2 ein ähnliches Wachstumsmuster wie bei der Tanne. In den 53 PF mit Ahorn-Fichten-Paaren waren die leicht verbissenen Ahorne auf der jeweiligen PF klar besser als die unverbissenen Fichten und trotz dem Verbiss besser als die unverbissenen Ahorne gewachsen (Abbildung 7). Allerdings war die Mehrheit der Ahorne stark verbissen (vgl. die Breite der Boxen in Abbildung 7), wobei der Zuwachs dieser Bäumchen in der Grössenordnung der unverbissenen Fichten lag.

In der Tannenwaldstufe des WR8 zeigten die Ahorne keine signifikante verbissbedingte Zuwachsreduktion gegenüber der Fichte (Abbildung 7). Inwieweit dieses Muster verbissbedingt so war, ist schwer einzuschätzen. Viele Ahorne waren verbissen, und dies reduzierte das Aufwachsen all dieser Ahorne. Aber das Resultat basierte auf nur 33 Ahorn-Fichten-Paaren aus 27 von total 130 PF in der Tannenwaldstufe, die den definierten Kriterien für die

Einschätzung des Verbisseinflusses entsprachen, weshalb die Variabilität auch sehr gross war (vgl. z.B. die Boxenlänge in Abbildung 7).

In der Buchen- und der Fichtenwaldstufe des WR8 waren klar zu wenig Ahorn-Fichten-Paare vorhanden, damit eine solide Aussage zum Verbisseinfluss getroffen werden könnte. Anhand von sechs bzw. vier Paaren kann nicht auf die Situation im gesamten WR geschlossen werden. Die neben der Fichte häufigste Baumart in der subalpinen Fichtenwaldstufe (Kupferschmid 2019), die Vogelbeere, wurde nicht als nächstes Bäumchen vermessen.

In der Buchenwaldstufe ist aber besonders ein Vergleich mit dem Höhenwachstum der Buche sinnvoll. Im WR2 konnten 58 Ahorn-Buchen-Paare analysiert werden. Die im Sommer leicht verbissenen Ahorne hatten in mehr als 25% der Fälle ein längeres neues Triebstück als die unverbissenen Buchen (Abbildung 8). Viele Ahorne waren jedoch stark verbissen, und diese stark verbissenen Ahorne wuchsen signifikant schlechter als die unverbissenen Buchen (Abbildung 8). Im WR8 war der relative Zuwachs des Ahorns unabhängig von der Verbissstärke deutlich schlechter als derjenige der Buche (Abbildung 8). Da nicht notiert werden musste, ob die im letzten Jahr unverbissenen Ahorne im Vorjahr verbissen worden waren, kann nicht beurteilt werden, welche Rolle dem Verbiss hierbei genau zukommt. Es konnte nur festgestellt werden, dass der Verbiss die Zuwachsdifferenz noch erhöhte. Aber auch dieses Resultat basierte nur gerade auf 16 Ahorn-Buchen-Paaren.

Mit 16 Linden-Buchen-Paaren im WR2 und deren 10 im WR8 standen für gesicherte Aussagen zu wenige Paare zur Verfügung. Tendenziell wuchs im WR8 auch die Linde schlechter als die Buche. Im WR2 waren die Linden nur leicht verbissen und dürften nicht waldbaulich relevant beeinflusst sein (Kupferschmid 2019).

## Diskussion

Der Median der Verjüngungsdichten je PF war in beiden WR bei allen Baumarten eher klein. In einigen Nachbarländern werden nur Verjüngungsflächen mit einer gewissen Mindestpflanzenzahl pro Hektare, zum Beispiel 1300 in Bayern (BStMELF 2017) oder 2400 bei den Österreichischen Bundesforsten (Reimoser et al 2014), für Wald-Wild-Betrachtungen herangezogen. Hätten wir unsere Kriterien für die Einschätzung des Verbisseinflusses um eine solche minimale Dichte ergänzt, dann hätten wir ausser in der Buchenwaldstufe nur sehr wenige PF weiter untersuchen können (Abbildung 4). Insbesondere wegen der Wälder des WR2, die fast zur Hälfte mehrschichtig, rottenförmig oder stufig aufgebaut sind, schien uns eine Eingrenzung auf Verjüngungsflächen zu starr. Mit der Schutzwaldpflege nach der

Wegleitung «Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald» (NaiS; Frehner et al 2005) werden solche stufigen Bestände angestrebt. In anderen Inventuren wird die minimal geforderte Dichte zwar tiefer angesetzt (z.B. 500 Bäumchen pro ha), dafür eine Mindesthöhe dieser Bäumchen von 30 cm Baumhöhe (Wildeinfluss-Monitoring des österreichischen Bundesforschungszentrums für Wald) oder das Vorhandensein der Zielbaumarten gefordert (Oberösterreichische Abschussplanverordnung; vgl. Reimoser et al 2014). Dadurch können im Extremfall in einer Höhenstufe oder in einem WR nur jene seltenen PF analysiert werden, auf denen bisher kein starker Verbisseinfluss wirkte bzw. die noch nicht durch Verbiss entmischt sind (siehe Diskussion in Reimoser 2014). Dies wollten wir explizit vermeiden (vgl. unten, Verbisseinfluss im WR8).

Die Lichtbedingungen mögen ein Grund für die relativ langen Durchwuchszeiten sein. Aber diese Durchwuchszeiten wurden aufgrund der gemessenen Endtrieblängen kalkuliert und entsprechen durchaus publizierten Werten. Zum Beispiel geben Eiberle & Nigg (1984) das Alter von 1.30 m hohen, unverbissenen Tannen auf 900 bis 1400 m ü.M. bei Gams (SG) mit 26.9 Jahren an.

#### **Verbisseinfluss im Wildraum 2**

Im WR2 konnten in der Buchen- und der Tannenwaldstufe pro Art genügend Bäume der Hauptbaumarten vermessen werden, um eine Einschätzung des Verbisseinflusses durchzuführen. Für Fichte, Tanne und Buche ist momentan nicht mit einem waldbaulich relevanten Einfluss des Verbisses durch wildlebende Huftiere zu rechnen. «Waldbaulich kein relevanter Verbisseinfluss» bedeutet, dass der Verbiss zwar einen Einfluss auf einzelne Baumindividuen hat, er aber die zukünftige Stammzahl und die zeitliche Entwicklung des Aufwachsens dieser Baumart nicht so stark beeinflusst, dass er für den Waldbau von Bedeutung wäre. Gründe hierfür sind:

- Die Flächenanteile der mit Bäumchen besetzten Fläche beliefen sich bei den drei Arten auf über 60%, und die Arten waren über den ganzen WR relativ gut verteilt.
- Die Tannen waren auch in den grösseren HK vertreten (vgl. hierzu auch die Dichten je HK in Kupferschmid & Gmür 2020, dieses Heft, bzw. Kupferschmid 2019), auch wenn die Unterschiede in der Anzahl Bäumchen zwischen den HK bei der Tanne grösser waren als bei den weniger oft verbissenen Baumarten.
- Der relative Zuwachs der leicht verbissenen Tannen war grösser und derjenige der unverbissenen Tannen in etwa gleich bis leicht grösser als derjenige der Fichten, und zwar in allen HK.
- Die errechnete Durchwuchszeit war bei der Tanne unabhängig von der Methode (leicht) kleiner als bei der Fichte, was auf einen grösseren Zuwachs

der Tanne hindeutet. Die Durchwuchszeit der Buche war jedoch deutlich kleiner als die der Tanne.

- Die Dichte von Buche und Tanne war in der Tannenwaldstufe ähnlich gross, und die Dichte der Buche war nicht so hoch, dass keine andere Verjüngung dazwischen hätte aufkommen können.

Beim Ahorn war der gemessene Zuwachs je nach Endtriebverbiss-Stärke ähnlich wie bei kleiner als bei der Buche. In der Buchenwaldstufe war jeder dritte der nächsten Ahorne verbissen, und die stark verbissenen Ahorne wuchsen deutlich schlechter als die unverbissenen Buchen. Da die Stammzahl beim Ahorn etwas kleiner als diejenige der Buche war und die Ahorn-Arten weniger schattentolerant sind, könnte der Verbisseinfluss längerfristig zu einer leichten Abnahme des Ahorns führen. Dies infolge des verbissbedingten leichten Konkurrenzvorteils der Buche. Mit einem erheblichen Verbisseinfluss auf den Ahorn ist unter den heutigen Bedingungen allerdings eher nicht zu rechnen. Ob sich in der Tannenwaldstufe die Zuwachsverhältnisse so stark zugunsten der Fichte verschieben, dass der Ahorn wegfällt, ist in Anbetracht der relativ ähnlichen Verjüngungsdichten, des nicht signifikant kleineren relativen Zuwachses von stark verbissenen Ahornen und des deutlich höheren Höhenzuwachses von leicht verbissenen Ahornen fraglich. Eindeutig ist, dass der Ahorn und die Weissstanne ohne Verbiss deutlich besser wachsen würden als die Fichte, da der Zuwachs der leicht verbissenen Ahorne und Tannen klar höher als derjenige von unverbissenen Fichten war und damit die gesamte Wuchsleistung dieser bei den wildlebenden Huftieren beliebten Baumarten durch Verbiss reduziert wurde. Der Verbiss reduzierte also die Konkurrenzkraft von Tanne und Ahorn, aber nicht in dem Masse, dass es mit dem momentanen Verbisseinfluss regional zu einem Ausfall dieser beim Wild beliebten Baumarten käme.

Verbiss verursacht aber oft die Bildung von mehreren Ersatztrieben und verändert damit die Stammqualität (Frank et al 2019, Kolly & Kupferschmid 2014). Da die Verjüngungsdichten nicht besonders hoch lagen und der Flächenanteil verbissener Bäumchen doch teilweise beachtlich war (Ahorn >40% in der Tannenwaldstufe; Tabelle 3), dürfte Verbiss die Stammqualität einiger Zukunftsbäume negativ beeinflussen.

#### **Verbisseinfluss im Wildraum 8**

Der Flächenanteil der verbissenen Fichten an der mit Fichten besetzten Fläche war im WR8 mit 8.3% bis 21.6% (Tabelle 3) für eine durch wildlebende Huftiere eher ungerne verbissene Art recht hoch. Die Verbisstärke war meist stark, und stark verbissene Fichten wuchsen signifikant schlechter als unverbissene. Die Fichte kam aber in allen HK vor, und sie hatte sowohl eine ähnliche Dichte als auch einen ähnlichen Flächenanteil wie im WR2. Vergleichbar

**Abb 9** Wiederholt am Endtrieb stark verbissene Tanne im Wildraum 8 in der Region des Chapfensees. Die Durchwuchszeit, also die Zeit, in der dieses Bäumchen dem Verbiss durch wildlebende Huftiere ausgesetzt ist, ist verbissbedingt deutlich erhöht. Foto: Andrea D. Kupferschmid



waren auch die Endtrieblängen und die Durchwuchszeiten. Es gab deshalb keinen direkten Hinweis, dass der Verbiss das Aufwachsen der Fichte im WR8 waldbaulich relevant behindern würde. Zu untersuchen wäre aber, ob sich die standörtlichen Bedingungen im WR8 nicht besser für die Fichte eignen würden als im WR2 und damit eigentlich mit deutlich mehr Fichten im WR8 gerechnet werden müsste.

Der Verbiss verlangsamte das Aufwachsen der Buche, da der Zuwachs der stark verbissenen Buchen klar reduziert war und rund jede vierte nächste Buche verbissen war. Aber der Flächenanteil der mit Buchen besetzten Fläche war speziell im Buchenwald mit 80% hoch, und die Buche kam in allen HK vor. Zudem hatte die Buche die tiefsten errechneten Durchwuchszeiten. Der Verbiss dürfte also auch das Aufwachsen der Buche im WR8 nicht waldbaulich relevant behindern.

Für den WR8 ist eine Einschätzung des Verbisseinflusses auf die bei wildlebenden Huftieren beliebten Baumarten Tanne und Ahorn unsicherer, da trotz Verdichtung des Probeflächennetzes nur relativ wenige Bäumchen vermessen werden konnten. Es stellt sich die Frage, wie repräsentativ zum Beispiel die 17 PF mit Tannenverjüngung und die 27 mit Ahornverjüngung sind, wenn die Tannenwaldstufe des WR8 insgesamt 130 PF umfasst, welche die Kriterien zur Einschätzung des Verbisseinflusses erfüllen.

Der Flächenanteil der verbissenen Tannen an der mit Tannen besetzten «kleinen» Fläche lag bei über 40% für HK0 bis HK4. Obwohl der Zuwachs von unverbissenen Tannen im WR8 mit dem im WR2 vergleichbar war, lag die errechnete Durchwuchszeit bei der Tanne im WR8 verbissbedingt (Abbildung 9) deutlich höher als im WR2. Zudem führte im WR8 bereits leichter Verbiss zu einer klaren Verschiebung des Höhenzuwachsverhältnisses zugunsten der Fichte. Im WR8 muss deshalb unabhängig von der Endtriebverbiss-Stärke (also bei leichtem oder starkem Verbiss) mit einem waldbaulich relevanten Einfluss des Verbisses auf die Tannenverjüngung gerechnet werden.

Beim Ahorn gab es in der Tannenwaldstufe keinen direkten Hinweis auf einen verbissbedingten waldbaulich relevanten Einfluss, obwohl der Flächenanteil der verbissenen Ahorne über 50% betrug. Der Ahorn wuchs in den 33 Ahorn-Fichten-Paaren nicht schlechter als die Fichte, und in einem Regressionsmodell für den Ahorn war die Verbissstärke keine wichtige erklärende Variable (Kupferschmid 2019). Es muss aber beachtet werden, dass bei im Sommer verbissenen Ahornen (und das waren die allermeisten im WR8) nicht das verdorrte Reststück, sondern die Länge des neu gebildeten Ersatztriebes gemessen wurde (siehe detaillierte Aufnahmeanleitung; Kupferschmid et al 2018). Wenn nun die Hälfte der Bäumchen verbissen ist, dürften die Standortverhältnisse für die Länge dieses Ersatztriebes zentral sein und damit einen möglichen Verbisseinfluss kaschieren.

In der Buchenwaldstufe war der Flächenanteil der verbissenen Ahorne an der mit Ahornen besetzten Fläche zwar halb so gross wie derjenige in der Tannenwaldstufe. Der relative Zuwachs des Ahorns war aber deutlich schlechter als derjenige der Buche. Zudem galt, dass der relative Zuwachs umso geringer war, je stärker der Endtrieb verbissen war. Der Ahorn dürfte deshalb in Konkurrenz zur Buche Mühe mit Aufwachsen haben, und Verbiss verstärkt diese Tatsache deutlich.

Insgesamt dürfte im WR8 der häufige und starke Verbiss in der Tannenwaldstufe der Fichte und in der Buchenwaldstufe der Buche zu einem Konkurrenzvorteil verhelfen und längerfristig zu einem Ausfall von bei den wildlebenden Huftieren beliebten Baumarten führen. Bei unveränderter Wald-Wild-Situation kann im WR8 also keine standortgerechte Baumartenzusammensetzung aufkommen.

Die Frage bleibt, weshalb im WR8 die Verjüngung nur so lokal auftrat und sowohl die Flächenanteile der mit Pflanzen besetzten Fläche als auch die mittleren Verjüngungsdichten der Baumarten, die bei den wildlebenden Huftieren beliebt sind (Tanne und Ahorn wurden hier untersucht), so viel kleiner als im WR2 waren. In dieser Pilotstudie fan-

den sich gewisse Unterschiede zwischen den WR bzw. Hinweise:

- Total und prozentual entsprachen im WR8 deutlich weniger PF den definierten Kriterien zur Einschätzung des Verbisseinflusses (38.5% aller PF bzw. 56% der PF, auf denen eine Verjüngungsaufnahme stattfand) als im WR2 (66% bzw. 74%).

- Die Hangneigung war im WR8 im Durchschnitt höher als im WR2. In anderen Studien wurde nachgewiesen, dass speziell die Verjüngungsdichte der Tanne mit steigender Neigung abnimmt (z.B. Kupferschmid et al 2019b).

- In der Tannenwaldstufe des WR8 dominierten Tannen-Fichtenwald-Gesellschaften, in derjenigen des WR2 dagegen Tannen-Buchenwald-Gesellschaften. Fichtenbestände weisen meist eine oberflächliche Versauerung des Bodens auf. Tannen- und Ahornverjüngung sind generell weniger häufig auf solchem Untergrund (vgl. Kupferschmid et al 2019b).

Es deutet also einiges darauf hin, dass im WR8 die allgemeinen Verjüngungsbedingungen für die Tanne und den Ahorn tendenziell schlechter waren. Aber:

- Die Durchwuchszeiten für die Tanne waren im WR8 verbissbedingt sehr viel grösser als im WR2 (für den Ahorn traf dies aber nicht zu).

- Im WR8 war der relative Zuwachs bereits von leicht verbissenen Tannen gegenüber der Fichte reduziert, im WR2 dagegen erst von stark verbissenen. Dasselbe trifft für den Zuwachs des Ahorns gegenüber demjenigen der Buche in den Buchenwäldern zu. Dabei wuchsen unverbissene Tannen, Buchen und Ahorne in beiden WR über alle Höhenstufen hinweg mindestens gleich gut oder deutlich besser als unverbissene Fichten.

- Die Flächenanteile der verbissenen Bäumchen an der mit dieser Art besetzten Fläche waren im WR8 wesentlich höher für Fichte und Tanne und leicht höher für Buche und Ahorn als im WR2. Speziell die wenigen kleinen HK0-Tannen waren mit einem Flächenanteil von 43% bereits oft verbissen.

Der Verbisseinfluss setzte im WR8 also früher ein – d.h. bei kleineren Bäumchen und bereits bei leichtem Verbiss –, und der Verbiss war häufiger als im WR2. Es liegt deshalb nahe, dass die geringeren Stammzahlen von Tanne und Ahorn im WR8 mindestens teilweise durch Totverbiss bedingt sein könnten. Die verbissbedingte Mortalität kann aber mittels einmaliger Erfassung von vorhandener Baumverjüngung nicht eingeschätzt werden. Bestehende, für Huftiere nicht zugängliche Zäune stützen die Interpretation, dass durch Verbiss bedingte Mortalität im WR8 (mit)verantwortlich ist (persönliche Mitteilung vom Regionalförster des WR8, Thomas Brandes). Für weitere Abklärungen empfehlen wir deshalb, Vergleichsflächenpaare mit Kontrollzäunen an verschiedenen Stellen im WR8 einzurichten.

## Fazit

Wir hoffen, mit diesen Ausführungen gezeigt zu haben, dass der Verbisseinfluss nicht zu unterschätzen ist und eine objektive Beurteilung deshalb dringend nötig ist. Diese Erstaufnahme liefert eine solide Datengrundlage für weiterführende Untersuchungen in den zwei Wildräumen und bildet die Basis für einen auf Daten basierenden Dialog zwischen den Verantwortlichen für den Wald und jenen für die Wildtiere. Das Kantonsforstamt klärt derzeit mit dem Volkswirtschaftsdepartement und der Jagdverwaltung ab, ob und, wenn ja, in welchen Gebieten weitere solche Aufnahmen durchgeführt werden sollen. Grundsätzlich sollten gutachtliche Beurteilungen des Verbisses (vgl. hierzu auch Fehr et al 2019) als Eingangsgrösse in die Jagdplanung genügen (KWL 2018). Um die gutachtlichen Beurteilungen zu stützen, in unklaren Gebieten oder für messbare Zielgrössen bei Erfolgskontrollen (Wirkungsanalysen) bieten Aufnahmen mit der vorliegenden Methode einen objektiven, reproduzierbaren und umfassenden Überblick. ■

Eingereicht: 30. September 2019, akzeptiert (mit Review): 3. Februar 2020

## Literatur

- BAFU, EDITOR (2010) Wald und Wild – Grundlagen für die Praxis. Wissenschaftliche und methodische Grundlagen zum integralen Management von Reh, Gämse, Rothirsch und ihrem Lebensraum. Bern: Bundesamt Umwelt, Umwelt-Wissen. 232 p.
- BSTMELF (2017) Anweisung für die Erstellung der Forstlichen Gutachten zur Situation der Waldverjüngung 2018. München: Bayerisches Staatsministerium Ernährung Landwirtschaft Forsten. 56 p.
- EIBERLE K, NIGG H (1984) Zur Ermittlung und Beurteilung der Verbissbelastung. Forstwiss Cent.bl 103: 97–110.
- FEHR M, ZÜRCHER GASSER N, SCHNEIDER O, BURGER T, KUPFERSCHMID AD (2019) Gutachtliche Beurteilung des Wildeinflusses auf die Waldverjüngung. Schweiz Z Forstwes 170: 135–141. doi: 10.3188/szf.2019.0135
- FRANK A, HEIRI C, KUPFERSCHMID AD (2019) Growth and quality of *Fagus sylvatica* saplings depend on seed source, site, and browsing intensity. Ecosphere 10: 1–19.
- FREHNER M, WASSER B, SCHWITTER R (2005) Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Bern: Bundesamt Umwelt Wald Landschaft, Vollzug Umwelt. 564 p.
- FREHNER M, BURNAND J, CARRARO G, FREY HU, LÜSCHER P (2009) Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Anhang 2A: Bestimmen des Standortstyps. Bern: Bundesamt Umwelt Wald Landschaft. 180 p.
- GILL RMA (1992) A review of damage by mammals in north temperate forests: 1. Deer. Forestry 65: 145–169.
- HUBER M, SCHWYZER A, KUPFERSCHMID AD (2018) A comparison between plot-count and nearest-tree method in assessing tree regeneration features. Curr Trends Forest Res: CTRF-122.
- KLEINN C, VILČKO F, FEHRMANN L, HRADETSKY J (2009) Zur Auswertung der k-Baum-Probe. Allg Forst- Jagdztg 180: 228–237.
- KOLLY AC, KUPFERSCHMID AD (2014) Reaktion von Weisstannen auf ein- bis mehrmaligen Verbiss entlang von Lichtgradienten. Schweiz Z Forstwes 165: 198–207. doi: 10.3188/szf.2014.0198

- KWL (2018) Wald und Wild – Positionspapier der KWL. Bern: Konferenz Wald Wildtiere Landschaft. 4 p.
- 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, BRANG P (2010) Praxisrelevante Grundlagen: Zusammenspiel zwischen Wild und Wald. In: BAFU, editor. Wald und Wild – Grundlagen für die Praxis. Wissenschaftliche und methodische Grundlagen zum integralen Management von Reh, Gämse, Rothirsch und ihrem Lebensraum. Bern: Bundesamt Umwelt. pp. 9–39.
- 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, GMÜR PA (2020) Methoden zur Einschätzung des Verbisseinflusses: Vergleich der Messungen an den k nächsten Bäumchen mit Zählungen im Probekreis. Schweiz Z Forstwes 171: 69–78. doi: 10.3188/szf.2020.0069
- KUPFERSCHMID AD, HEIRI C (2019) Recovery of *Abies alba* and *Picea abies* saplings to browsing and frost damage depends on seed source. Ecol Evol 9: 3335–3354.
- KUPFERSCHMID AD, WASEM U, BUGMANN H (2014) Light availability and ungulate browsing determine growth, height and mortality of *Abies alba* saplings. For Ecol Manage 318: 359–369.
- KUPFERSCHMID AD, WUNDER J, GMÜR P (2018) VEKO – Verjüngungskontrolle St. Gallen Pilotphase 2018. Birmensdorf: Eidgenöss. Forsch.anstalt WSL. 24 p.
- MAGNUSSEN S, KLEINN C, PICARD N (2008) Two new density estimators for distance sampling. Eur J For Res 127: 213–224.
- REIMOSER F, SCHODTERER H, REIMOSER S (2014) Erfassung und Beurteilung des Schalenwildeinflusses auf die Waldverjüngung – Vergleich verschiedener Methoden des Wildeinfluss-Monitorings («WEM-Methodenvergleich»). Wien: Bundesforschungs- Ausbildungszentrum Wald Naturgefahren Landschaft. 179 p.

## Estimation de l'impact de l'abrouissement dans deux zones de gestion du gibier du canton de Saint-Gall

Au printemps 2018, une étude pilote a été menée pour évaluer l'influence de l'abrouissement des ongulés sur la régénération des arbres dans une zone de gestion à la régénération abondante et à l'abrouissement rare (n° 2), et dans une autre zone à la régénération moindre et à l'abrouissement fréquent selon les experts (n° 8). Dans un quadrillage systématique de 903 placettes d'échantillonnage, les deux arbres les plus proches du centre de la placette ont été mesurés pour chacune des espèces et des classes de hauteur. Le degré d'abrouissement de la pousse terminale a été mesuré dans cinq classes (pas d'abrouissement, léger abrouissement de la pousse terminale, fort abrouissement de la pousse terminale, pousse terminale endommagée, pousse terminale disparue). Ces données ont été utilisées pour calculer la distribution spatiale, la densité de la régénération, le temps nécessaire pour que les pousses soient hors d'atteinte du gibier, ainsi que les changements causés par les ongulés au niveau de la croissance de la hauteur relative des différentes espèces. Dans la zone de gestion n° 8, la régénération des espèces privilégiées par le gibier était rare et limitée à quelques placettes. Pour le sapin dans la zone n° 8, le temps de croissance pour être hors atteinte du gibier était, du fait de l'abrouissement, environ un tiers plus long par rapport à celui de l'épicéa dans la zone n° 8 et à celui de l'épicéa et du sapin dans la zone n° 2. Les résultats indiquent que, d'une part, les conditions d'établissement dans la zone n° 8 ont tendance à être moins bonnes que celles de la zone n° 2. D'autre part, l'influence de l'abrouissement dans la zone n° 8 est intervenue plus tôt – c'est-à-dire sur des arbres plus petits et déjà victimes d'un abrouissement léger – et l'abrouissement était plus fréquent sur le sapin et l'épicéa que dans la zone n° 2. Cela suggère que le nombre inférieur du sapin et de l'érable dans la zone n° 8 pourrait au moins en partie être dû à la mortalité liée à l'abrouissement.

## Estimation of the impact of browsing in two wildlife areas in the canton of St. Gallen

In spring 2018, a pilot study was carried out to assess the influence of ungulate browsing on tree regeneration in a wildlife area with considerable regeneration and little browsing according to expert opinion (Nr. 2), and in a wildlife area with less regeneration and "frequent" browsing (Nr. 8). In a systematic grid with 903 sample plots, the two saplings closest to the plot centre were measured for each tree species and height class. The within-tree browsing intensity was assigned to one of five classes: no browsing, light browsing on terminal shoot, heavy browsing on terminal shoot, damaged terminal shoot, and no terminal shoot present. These data were used to calculate, for each tree species, the spatial distribution of saplings, their density, and the time needed for saplings to grow beyond the reach of ungulates (130 cm height). In addition, browsing-induced changes in the height increment of one tree species relative to that of a second species were evaluated. In wildlife area 8, the regeneration of tree species selectively browsed by ungulates was sparse and limited to a few sample plots. The calculated time needed for silver fir to grow to a height of 130 cm in wildlife area 8 was longer by about one third compared with that for spruce in the same wildlife area and for spruce and silver fir in wildlife area 2. These results indicate, on the one hand, that the establishment conditions in wildlife area 8 tended to be inferior to those in wildlife area 2. On the other hand, browsing started to have an influence earlier – i.e. affecting smaller trees and already showing an impact after light browsing – and browsing occurred more frequently on silver fir and spruce in wildlife area 8 than in wildlife area 2. These findings suggest that the smaller number of silver fir and maple trees in wildlife area 8 could at least partly be caused by browsing-induced mortality.