Einfluss wildlebender Huftiere auf die Waldverjüngung: ein Überblick für die Schweiz

Andrea D. Kupferschmid Arbeitsgruppe «Wald und Wildtiere» des Schweizerischen Forstvereins; WSL[1] (CH)*
Caroline Heiri Vorstand des Schweizerischen Forstvereins; WSL[1] (CH)
Markus Huber Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (CH)
Michiel Fehr Arbeitsgruppe «Wald und Wildtiere» des Schweizerischen Forstvereins (CH)
Maurus Frei Arbeitsgruppe «Wald und Wildtiere» des Schweizerischen Forstvereins (CH)
Pascal Gmür Arbeitsgruppe «Wald und Wildtiere» des Schweizerischen Forstvereins (CH)
Nicole Imesch Arbeitsgruppe «Wald und Wildtiere» des Schweizerischen Forstvereins (CH)
Jürg Zinggeler Arbeitsgruppe «Wald und Wildtiere» des Schweizerischen Forstvereins (CH)
Peter Brang Vorstand des Schweizerischen Forstvereins; WSL[1] (CH)
Jean-Christophe Clivaz Vorstand des Schweizerischen Forstvereins (CH)
Oswald Odermatt Arbeitsgruppe «Wald und Wildtiere» des Schweizerischen Forstvereins; WSL[1] (CH)

Einfluss wildlebender Huftiere auf die Waldverjüngung: ein Überblick für die Schweiz

Endtriebe von Bäumchen gehören zum Nahrungsspektrum von Reh, Gämse und Rothirsch, und dies kann einen Einfluss auf die Waldverjüngung haben. Wir untersuchten, wie gross dieser Verbisseinfluss im Schweizer Wald aktuell ist und ob dabei regionale Unterschiede auftreten. Für unseren Überblick trugen wir alle zurzeit in der Schweiz verfügbaren grossflächig erhobenen Daten zum Einfluss von Reh, Gämse und Rothirsch zusammen: Daten des vierten Schweizerischen Landesforstinventars sowie kantonale Daten aus 1) repräsentativen Stichprobeninventuren, 2) Erhebungen in ausgewählten Waldflächen und 3) gutachtlichen Erhebungen. In der Zeitspanne von zirka 2009 bis 2014 stach keine grössere Region der Schweiz bezüglich Verbisseinfluss hervor. Auf Ebene Wildraum oder Forstkreis fanden sich grosse Unterschiede im Verbisseinfluss, aber auf rund zwei Dritteln der begutachteten Waldfläche der Schweiz stellte er weder für einzelne Baumarten noch für die gesamte Waldverjüngung einen bedeutenden Einfluss dar. Die grössten negativen Auswirkungen dürfte häufiger Verbiss in der kollinen Höhenstufe auf Eiche, in der montanen Stufe auf Tanne und in der unteren subalpinen Stufe auf Ahorn und Vogelbeere haben. Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen der objektiv messbaren Verbissintensität und der Verjüngungsdichte sowie mehr Informationen zur Verbissstärke und zu den weniger als 10 cm grossen Sämlingen würden eine noch bessere Einschätzung des Verbisseinflusses auf den Wald ermöglichen. Mit schweizweit einheitlich durchgeführten gutachtlichen Erhebungen in einheitlich definierten Wildräumen könnte die Vergleichbarkeit der Angaben zum Einfluss wildlebender Huftiere auf die Waldverjüngung zusätzlich verbessert werden.

Keywords: ungulate browsing, tree regeneration, monitoring
doi: 10.3188/szf.2015.0420

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

Gehölzpflanzen gehören zum normalen Nahrungsspektrum von wildlebenden Huftieren (Cornelis et al 1999, Gebert & Verheyden-Tixier 2001, Onderscheka et al 1989, Tixier & Duncan 1996). Der Verbiss (das Abfressen von Knospen, Trieben und Blättern) von Reh *(Capreolus capreolus)*, Gämse *(Rupicapra rupicapra)* und Rothirsch *(Cervus elaphus)* ist im Schweizer Wald deutlich häufiger und weiter verbreitet als Schälen und Fegen (Brändli 1996) sowie Einflüsse von Wildschweinen *(Sus scrofa)* und Steinböcken *(Capra ibex)*. Wir konzentrieren uns deshalb im Weiteren auf den Einfluss des Verbisses durch Reh, Gämse und Rothirsch auf den Schweizer Wald (kurz «Verbisseinfluss»). Über den Endtriebverbiss können wildlebende Huftiere die Artenvielfalt und die Sukzession des Waldes beeinflussen (Coté et al 2004). Intensiver Verbiss kann längerfristig zu einer Senkung der Stammzahl oder durch selektiven Druck auf einzelne Baumarten zur Entmischung führen, was die Biodiversität, die Stabilität und die Klimafitness des Waldes beeinträchtigen kann (Kupferschmid & Brang 2010).

1 Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft

In der Vergangenheit wurde oft über mangelnde Verjüngung infolge starken Verbisses berichtet, insbesondere bei der Weisstanne *(Abies alba*; z.B. Wasem & Senn 2000). Brändli (1996) hat mittels Auswertungen des ersten Schweizerischen Landesforstinventars (1983 bis 1985; LFI1) einen bedeutenden Verbisseinfluss vor allem in der Ostschweiz und im Gebirgswald festgestellt. Odermatt (2009) verwies auf zunehmenden Verbiss im Jura und auf der Alpensüdseite. Die Frage stellt sich daher, wie gross der aktuelle Verbisseinfluss im Schweizer Wald ist und ob es Regionen mit stärkerem Verbisseinfluss gibt.

Auch im vierten Landesforstinventar (2009 bis 2013; LFI4b) werden über die ganze Schweiz die Verjüngungsdichte und der Endtriebverbiss je Baumart erhoben (Keller 2013). Da die räumliche Auflösung des LFI für manche Kantone zu gering ist, messen einige Kantone zudem den Endtriebverbiss in verdichteten Stichprobennetzen. Rund die Hälfte der Kantone scheidet sogar Zonen aus, in denen der Verbiss alle 100 bis 200 m erfasst wird (Meier et al 2014). Aus den Daten zum Endtriebverbiss kann die Verbissintensität (VI = Anteil pro Jahr verbissener Bäumchen an der Gesamtanzahl Bäumchen) pro Aussageeinheit berechnet werden (Eiberle & Nigg 1987).

Damit aus der objektiv und gut reproduzierbaren VI ein Verbisseinfluss abgeschätzt werden kann, muss definiert werden, in welchem Raum ab welcher Stärke der Verbiss an welchen Baumarten einen (z.B. waldbaulich) relevanten Einfluss auf den Wald darstellt (Reimoser & Gossow 1996). In der Schweiz haben sich zur Bewertung des Endtriebverbisses die artspezifischen Grenzwerte für eine zulässige VI nach Eiberle & Nigg (1987) etabliert (Brändli 1996, Rüegg & Schwitter 2002). Der Endtriebverbiss bewirkt bei den Bäumchen insbesondere einen geringeren Höhenzuwachses und eine erhöhte Mortalität, worauf die Grenzwerte basieren (Berwert-Lopes 1996, Odermatt 1996). Der Zuwachs ist aber stark von den Wuchsbedingungen an einem Standort abhängig. Je nach Wuchsbedingungen variiert die Wirkung des Verbisses auf die Bäumchen (Edenius et al 1995). In höheren Lagen ist der Höhenzuwachs meist geringer, und die Bäumchen brauchen länger, bis sie dem Äser entwachsen sind. Zudem reagieren langsam wachsende Bäumchen oft weniger schnell auf einen Endtriebverlust (Kupferschmid & Brang 2010), sodass bereits wenig Verbiss zu ihrem Tod führen kann (Kolly & Kupferschmid 2014, Kupferschmid et al 2014a), während dieselbe Baumart unter guten Bedingungen zum Teil jahrelangen Verbiss ohne grössere Höhenverluste überstehen kann (Kupferschmid et al 2014b). Ein linearer Zusammenhang zwischen VI und dem Aufkommen der Waldverjüngung kann daher nicht angenommen werden (Reimoser et al 2014).

Im LFI wird der «Vorjahres»-Endtriebverbiss unter der Annahme beurteilt, dass nur ein Trieb pro Jahr gebildet wird (Keller 2013). Wenn die verbissenen Bäumchen noch im gleichen Jahr einen Ersatzendtrieb bilden, liegt die so erhobene VI einerseits unter dem effektiven Jahresverbiss, andererseits wird so indirekt die weniger grosse Beeinträchtigung dieser Bäumchen mitberücksichtigt (Schwyzer & Zinggeler 2000). Wenn zudem in höheren Lagen tiefere Grenzwerte für eine tragbare VI verwendet werden als in der kollinen und montanen Höhenstufe, dürfte dies die zurzeit beste Schätzung des Verbisseinflusses über die objektiv messbare VI sein.

Der Verbisseinfluss lässt sich auch anders erfassen. Hier seien nur Vergleichsflächenpaare mit Kontrollzäunen, Verjüngungsbeobachtungsflächen und gutachtliche Lebensraumbeurteilungen erwähnt (Rüegg et al 2010). Da vom Bund aus keine verbindliche Methodenvorgabe besteht, haben die Kantone das für sie passendste Erhebungssystem ausgewählt und stützen ihre Entscheidungen darauf ab.

Für unseren Überblick wurden uns nebst den Daten aus dem LFI4b freundlicherweise die aktuellen Daten zum Verbisseinfluss respektive zur VI von 25 Kantonen zur Verfügung gestellt. Damit beruht unsere Zusammenstellung auf allen zurzeit in der Schweiz verfügbaren grossflächig erhobenen Daten zum Einfluss von Reh, Gämse und Rothirsch auf den Schweizer Wald. Ziel dieses Beitrages ist es, eine gesamtschweizerische Übersicht über den aktuellen Einfluss der wildlebenden Huftiere auf die Waldverjüngung im Schweizer Wald zu präsentieren.

Methoden

Datengrundlage

Der Schweizerische Forstverein gelangte im Juni 2013 an die Kantonsförster mit der Bitte, ihre kantonalen Daten für die Erarbeitung eines gesamtschweizerischen Überblicks des Verbisseinflusses zur Verfügung zu stellen. In der Folge stellten wir für die Zeitspanne von 2013 bis 2014 die jeweils «neusten» Daten aus den Kantonen[2] zusammen (Ausnahmen: ZH und AR mit Daten zu 2015, für VD keine kantonalen Daten vorhanden). Die Daten können in drei Gruppen unterteilt werden:

- VI-Daten aus repräsentativen Stichprobeninventuren über ganze Kantone
- VI-Erhebungen in ausgewählten Waldflächen
- Daten aus gutachtlichen Erhebungen

Die Daten aus dem LFI4b und die Gruppen der kantonalen Erhebungsdaten zum Verbisseinfluss werden im Folgenden kurz erläutert, für genauere Informationen verweisen wir auf die Fachstellen der einzelnen Kantone. Die Daten zu den VI beziehen sich auf 10 bis 130 cm grosse Bäumchen, die für alle drei Huftierarten in allen Vegetationshöhenstufen gut erreichbar sind.

2 Die Kantonsabkürzungen werden in Abbildung 3 erläutert.

Viertes Schweizerisches Landesforstinventar

Die Erhebungen für das LFI4b laufen seit 2009. Die Probeflächen liegen in den Schnittpunkten eines äquidistanten Stichprobennetzes mit $\sqrt{2}$ km Maschenweite. Jedes Jahr wird – repräsentativ über die Schweiz verteilt – ein Neuntel der Probeflächen erhoben. Wir erhielten für die Jahre 2009 bis 2013 demnach die Daten zu fünf Neunteln aller Probeflächen. Die Genauigkeit der Ergebnisse dürfte sich mit Abschluss der Erhebungen im Jahre 2017 verbessern, d.h., die Streumasse dürften kleiner werden und die Mittelwerte in Regionen mit sehr kleiner Stichprobenanzahl könnten sich leicht verschieben. Für die Berechnung von Stammzahl pro Hektare und VI wurden die Daten je Hauptbaumart pro Region oder Vegetationshöhenstufe für den zugänglichen Wald ohne Gebüschwald ausgewertet. Die Regionen entsprechen den «Schutzwaldregionen» des LFI (Brändli 2010), wobei die Region «Jura und Mittelland» in zwei separate Regionen unterteilt wurde (entsprechend der Einteilung bei den Produktionsregionen).

VI-Daten aus repräsentativen Stichprobeninventuren über ganze Kantone

Der Verbiss wird in Probeflächen erhoben, die äquidistant über die Waldfläche des gesamten Kantons angelegt wurden. Die Probeflächennetze sind gegenüber dem LFI verdichtet. Die Kantone AI, AR, FR und NE führten solche Inventuren durch. Im Kanton NE entsprach das systematische Netz einer Probefläche von 10 m² pro 50 ha. Die Aufnahmemethode in den Kantonen AI, AR und FR entsprach derjenigen in Indikatorflächen (siehe unten). AI und AR unterschieden drei Auswertungseinheiten, FR deren 18 (10 in den Voralpen und 8 im Mittelland).

VI-Erhebungen in ausgewählten Waldflächen (Indikatorflächen)

In circa 16 Kantonen wurden Erhebungen zum Verbiss in ausgewählten Waldflächen, sogenannten Indikatorflächen (IF; Rüegg 2008[3]), durchgeführt. Aktuell sind schweizweit rund 250 IF ausgeschieden, wobei die Kantone GL, LU, NW, SG, SZ, TG, TI, VS, ZG und ZH in der von uns untersuchten Zeitspanne mehrere IF aufnahmen. Einzelne Kantone legten die IF systematisch an (z.B. TG), die meisten aber bestimmten die IF entweder in «Problemgebieten» (z.B. ZH), in als «kritisch/unklar» begutachteten Flächen (z.B. SG) oder in Flächen, die in Verjüngung stehen wie beispielsweise Windwurfflächen (z.B. NW und BL). Eine Hochrechnung auf die gesamte kantonale Waldfläche wäre nur dann sinnvoll, wenn bei der Auswahl alle Waldtypen, Höhenlagen, Bestandesformen, Vorkommen wildlebender Huftierarten usw. ihrem Vorkommen entsprechend berücksichtigt würden. Bei IF in Wildwurfflächen und in als «problematisch» oder «kritisch/unklar» begutachteten Gebieten ist dies nicht der Fall, weshalb diese IF nicht für den gesamten Kanton repräsentativ sind.

Innerhalb jeder IF lagen 20 bis 70 Probeflächen in den Schnittpunkten eines äquidistanten Stichprobennetzes von 100 oder 200 m. Je Probefläche wurden in einem Kreis mit fixem Radius (2 oder 5 m) von Norden aus im Uhrzeigersinn die ersten 30 Bäumchen unabhängig von der Baumart begutachtet (Rüegg 2008[3]). In der Regel wurde jährlich oder alle zwei Jahre der Endtriebverbiss aufgenommen. Die erhobenen Datenreihen erlauben es, zeitliche Trends der VI darzustellen. Da es hier um einen gesamtschweizerischen Überblick über den *aktuellen* Verbisseinfluss geht, beschränkten wir uns in der Auswertung, wie beim LFI auch, auf die jeweils letzte uns zur Verfügung gestellte Erhebung.

Daten aus gutachtlichen Erhebungen

In vielen Kantonen wurden in den letzten Jahren gutachtliche, meist flächendeckende Erhebungen zum Verbisseinfluss unter Berücksichtigung von Faktoren wie Stammzahl, Verjüngungsziel, Standort- und Wuchsbedingungen, Lichtverfügbarkeit, Samenbäumen oder Verbissstärke durchgeführt. Die Qualität dieser gutachtlichen Erhebungen war sehr unterschiedlich und reichte von reinen Einschätzungen ortskundiger Forstleute (z.B. AG, GE, JU, ZG) über systematische Taxation anhand ausgefeilter Anleitungen bis zu kleinräumigen Gutachten, die mit Erhebungen in Stichproben (z.B. IF) oder Kontrollzaunexperimenten untermauert waren (z.B. GR, BE, LU, ZH). Die Resultate sind deshalb je nach Verfahren in unterschiedlichem Ausmass subjektiv geprägt.

Auswertung

In den meisten gutachtlichen Erhebungen in der Schweiz wurde die Waldfläche einer von drei Einflussstufen zugeteilt («Ampelsystem»). Die Definitionen und die Bezeichnungen der Einflussstufen sowie deren Erhebung im Wald sind uneinheitlich und können daher nicht statistisch ausgewertet werden, sie erlauben aber einen deskriptiven Überblick. In der Regel bedeuten die festgelegten Stufen:

- gutachtliche Stufe 1: kein oder unbedeutender Verbisseinfluss (auf Karten meist grün dargestellt)
- gutachtliche Stufe 2: je nach Kanton kritische, teilweise problematische, unklare/unsichere oder noch tragbare Situation (gelb dargestellt)
- gutachtliche Stufe 3: hoher Verbisseinfluss oder aus waldbaulicher Sicht untragbare oder inakzeptable Beanspruchung der Waldverjüngung, mit der das Verjüngungsziel nicht erreicht werden kann (rot).

In unserer Zusammenstellung behielten wir die Einteilungen der Kantone bei oder reduzierten falls nötig auf drei gutachtliche Stufen (z.B. GR:

3 RÜEGG D (2008) Verjüngungskontrolle: Methoden Stichproben in Indikatorflächen.

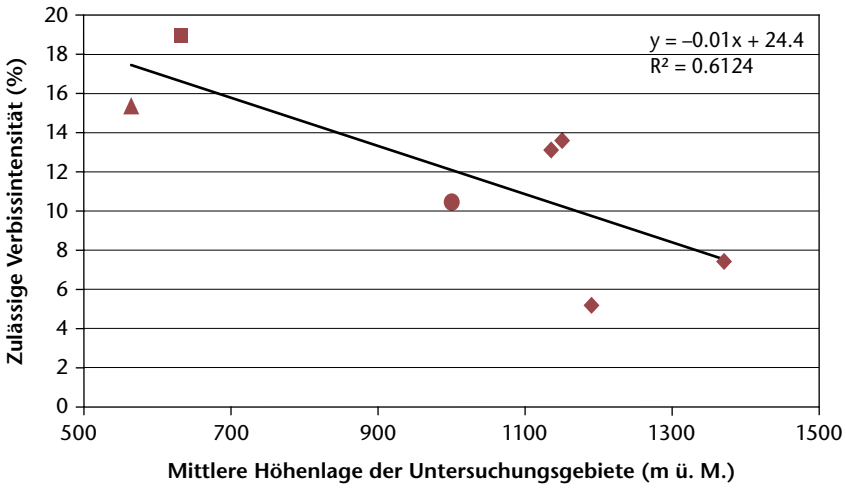

Abb 1 *Approximativ linearer Zusammenhang zwischen mittlerer Höhenlage der Untersuchungsgebiete und zulässigen Grenzwerten für die VI für Weisstanne. Quadrat: Eiberle & Dürr (1985), Dreieck: Eiberle & Zehnder (1985), Kreis: Eiberle & Nigg (1984), Rhomben: alle vier Untersuchungseinheiten mit Weisstanne aus dem Anhang in Eiberle & Nigg (1987).*

«tragbar» = Stufe 1, «allgemeiner Ausfall» = Stufe 3, Rest = Stufe 2). Wenn nur zwei gutachtliche Stufen unterschieden wurden (GL, OW, SZ, VS), ordneten wir die höhere Stufe vorsichtigerweise der Stufe 2 und nicht der Stufe 3 zu. Diese von uns vorgenommenen Einstufungen führen tendenziell zu einer Unterschätzung des Wildeinflusses.

In repräsentativen Stichprobeninventuren und in IF wurden die VI je Baumart erhoben. Da eine geringfügige Überschreitung der Grenzwerte für die zulässige VI bei nur einer Baumart kein genügender Hinweis auf verbissbedingte Verjüngungsprobleme ist, sondern vielmehr das Gesamtbild der VI verschiedener Baumarten zählt (Rüegg 2008[3]), bewerteten wir in Analogie zu den gutachtlichen Erhebungen die Resultate in drei Verbissstufen (vgl. Meier et al 2014):

- Verbissstufe 1: höchstens eine Baumart im Bereich des Grenzwerts, die anderen darunter, d.h. unbedeutender Verbisseinfluss
- Verbissstufe 2: mehrere Baumarten im Bereich des Grenzwerts und/oder eine Baumart darüber, was längerfristig zum Verlust einer Baumart führen kann
- Verbissstufe 3: mehrere Baumarten über dem Grenzwert, d.h. bedeutender Verbiss, der längerfristig zu Verlust mehrerer Baumarten oder sogar zum Totalausfall der Verjüngung führen kann.

Dabei bedeutet «im Bereich des Grenzwerts», dass das 95%-Vertrauensintervall der VI der kantonalen Daten innerhalb der Grenzwerte liegt. Als Grenzwerte wurden die von Eiberle & Nigg (1987) publizierten und durch Rüegg und Koautoren (Rüegg 2013[4], Rüegg & Schwitter 2002) angepassten und ergänzten Durchschnittswerte für zulässige VI verwendet (Tanne 9%, Fichte und Föhre 12%, Buche 20%, Lärche 22%, Ahorn 30%, Esche, Eiche und Vogelbeere 35%). Dabei gilt es zu beachten, dass die Grenzwerte für Eiche, Vogelbeere und Buche lediglich auf Annahmen beruhen: Eiche und Vogelbeere sollten ähnliche Grenzwerte aufweisen wie die Esche, und der Grenzwert für die Buche sollte zwischen Fichte und Ahorn liegen (Rüegg 2013[4], Rüegg & Schwitter 2002). Damit verwenden wir für die Einstufung der kantonalen Daten die gleichen Grenzwerte wie die Kantone.

Wir sind uns der Unsicherheit bezüglich Zusammenhang zwischen Verbisseinfluss und VI und damit der Grenzwerte bewusst (siehe Einleitung). Daher zeigen wir in den Darstellungen der VI nebst den Durchschnittswerten für die zulässige VI auch deren Bandbreite vom tiefsten bis zum höchsten publizierten Grenzwert (Abbildungen 2 und 3). Eiberle & Nigg (1987) und Eiberle & Dürr (1985) haben nämlich zum Beispiel für die Tanne je nach Höhenstufe und Standort Grenzwerte von 5.2% bis 19% publiziert (Abbildung 1). Um den unterschiedlichen Wuchsbedingungen je nach Höhenstufe gerecht zu werden, verwenden wir deshalb bei der Interpretation der LFI4b-VI-Daten jeweils die tiefsten publizierten Grenzwerte für die subalpine Höhenstufe, die Durchschnittswerte für die montane Stufe und die höchsten Grenzwerte für die kolline Höhenstufe.

Resultate

Viertes Schweizerisches Landesforstinventar

Gesamtschweizerisch lagen laut den Daten des LFI4b die VI der Baumarten zwischen 0.0% (Arve) und 39.0 ± 9.5% (Eiche; Mittelwert ± Standardfehler). Tanne (18.9 ± 2.2%), Ahorn (19.3 ± 2.1%), Vogelbeere (35.7 ± 3.4%) und Eiche wiesen VI zwischen den tiefsten und den maximalen Grenzwerten nach Eiberle und Koautoren respektive im Bereich des geschätzten Grenzwertes nach Rüegg auf (Abbildung 2). Die VI von Esche (16.6 ± 1.3%) war zwar auch hoch, lag aber deutlich unter den von Eiberle ermittelten Grenzwerten. Alle anderen Baumarten wiesen, berechnet über die ganze Schweiz, eine deutlich tiefere VI auf (Fichte 2.4 ± 0.5%, Buche 3.2 ± 0.5%, Föhre 6.1 ± 3.3%, Lärche 8.4 ± 2.4%; Föhre und Lärche in Abbildung 2 nicht dargestellt). Errechnet man mittels dieser Daten eine Verbissstufe für die ganze Schweiz (wie wir es für die IF machten), ergibt dies Verbissstufe 2.

Keine der Regionen und Vegetationshöhenstufen fiel mit hohen VI für alle Baumarten auf (Abbildung 2). Die Fichte wurde vor allem in den Regionen Nordalpen Ost und Alpen Südwest oft verbissen, bei VI-Werten im Bereich der unteren Grenzwerte. Generell wurde die Fichte in höheren Lagen häufiger verbissen als in tieferen Lagen. Die Tanne wurde vor allem in der unteren subalpinen und in der montanen Höhenstufe oft verbissen, dies mit Ausnahme der Alpensüdseite in jeder Region. Die VI der Tanne lag gesamtschweizerisch über dem Durchschnittswert der Grenzwerte (Abbildungen 1 und 2). Die Bu-

4 RÜEGG D (2013) Verjüngungskontrolle im Kanton Zürich: Ergebnisse Stichproben in Indikatorflächen 2013.

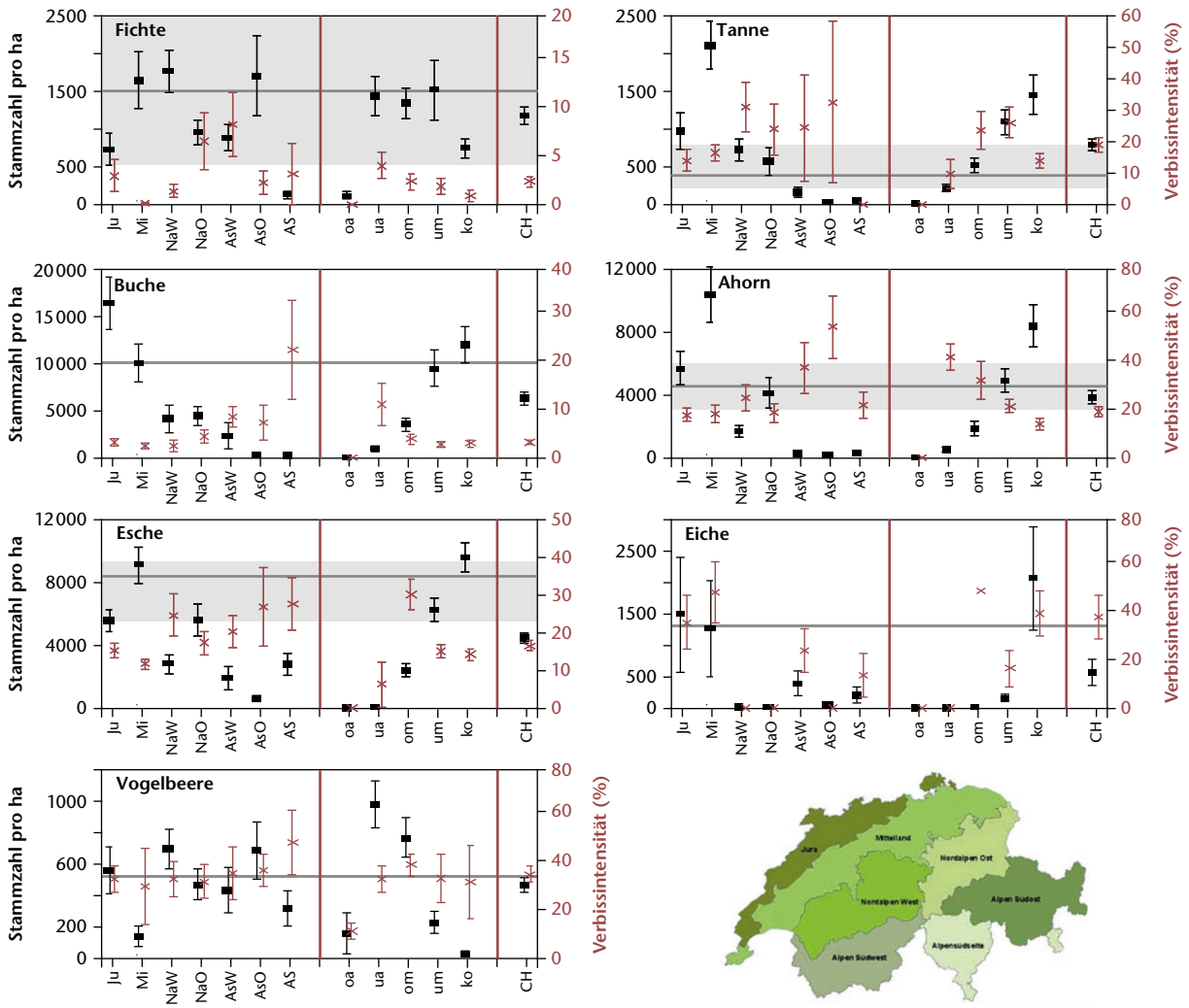

Abb 2 *Jungwaldstammzahlen (schwarz) und Verbissintensitäten (rot) auf Basis des LFI4b. Angegeben sind jeweils Mittelwert ± Standardfehler für sieben Regionen (Karte), fünf Höhenstufen und die gesamte Schweiz (CH) je Hauptbaumart und für die Vogelbeere, basierend auf insgesamt 3325 Probeflächen. Ju: Jura, Mi: Mittelland, NaW: Nordalpen West, NaO: Nordalpen Ost, AsW: Alpen Südwest, AsO: Alpen Südost, AS: Alpensüdseite, oa: obersubalpin, ua: untersubalpin, om: obermontan, um: untermontan, ko: kollin/submontan. Horizontale Linien: Durchschnittsgrenzwerte, graue Flächen: Bereiche aller durch Eiberle berechneten Grenzwerte für die zulässige VI je Baumart (Eiberle 1985, Eiberle & Dürr 1985, Eiberle & Nigg 1987), gestrichelte graue Linien: geschätzte Grenzwerte (durch Rüegg, anhand anderer Baumarten). Man beachte die unterschiedlichen Skalen der y-Achsen.*

che wurde in Regionen, in denen sie häufig vorkam (Jura, Mittelland), wenig verbissen. Auf der Alpensüdseite lag ihre VI aber im Bereich des von Rüegg geschätzten Grenzwertes. Beim Ahorn lagen die VI-Werte in allen Regionen mindestens im unteren Bereich der Grenzwerte, ausser in der Region Alpen Südost mit VI-Werten deutlich oberhalb des maximalen Grenzwertes. Insbesondere in der unteren subalpinen und oberen montanen Höhenstufe war die VI bei Ahorn hoch. Bei der Esche zeigten vier der sieben Regionen VI im Bereich der Grenzwerte, aber in keiner Vegetationshöhenstufe lag die VI im Bereich des relevanten Grenzwertes dieser Höhenstufe. Die Eiche wurde im Jura und im Mittelland, wo sie häufig vorkam, sowie in der kollinen Stufe von allen Hauptbaumarten am häufigsten verbissen. Gesamtschweizerisch errechnet sich daraus für die Eiche ein VI-Wert im Bereich des von Rüegg geschätzten Grenzwertes. Bei der Vogelbeere lagen die VI-Werte in allen Regionen und, mit Ausnahme der oberen subalpinen Stufe, in jeder Höhenstufe im Bereich des von Rüegg geschätzten Grenzwertes (Abbildung 2). Auswertungen für Arven-Lärchen-Wälder, subalpine Nadelwälder und obermontane Fichten- und Tannen-Fichten-Wälder – Waldtypen, in denen die Vogelbeere in Schutzwäldern vorkommen sollte (Frehner et al 2005) – ergaben, dass die VI der Vogelbeere überall mindestens im Bereich des geschätzten Grenzwertes lag.

Die Baumarten wiesen unterschiedliche VI und Stammzahlen je Kanton auf (Abbildung 3). Nur in wenigen Kantonen lag die VI deutlich höher als das Maximum der Grenzwerte: bei Tanne in BE, NE und SZ, bei Ahorn in GR, NW[5] und SH, bei Eiche in BL, GE[5] und SH und bei Vogelbeere in AG, AI[5], GL, NW[5], OW, SG, TG und TI. Würde der Durchschnittswert der Grenzwerte der zulässigen VI (statt des maximalen Wertes) als Mass für hohen Verbisseinfluss genommen, lägen die VI bei diesen Baumarten in

5 In diesen Kantonen gab es ≤25 Probeflächen.

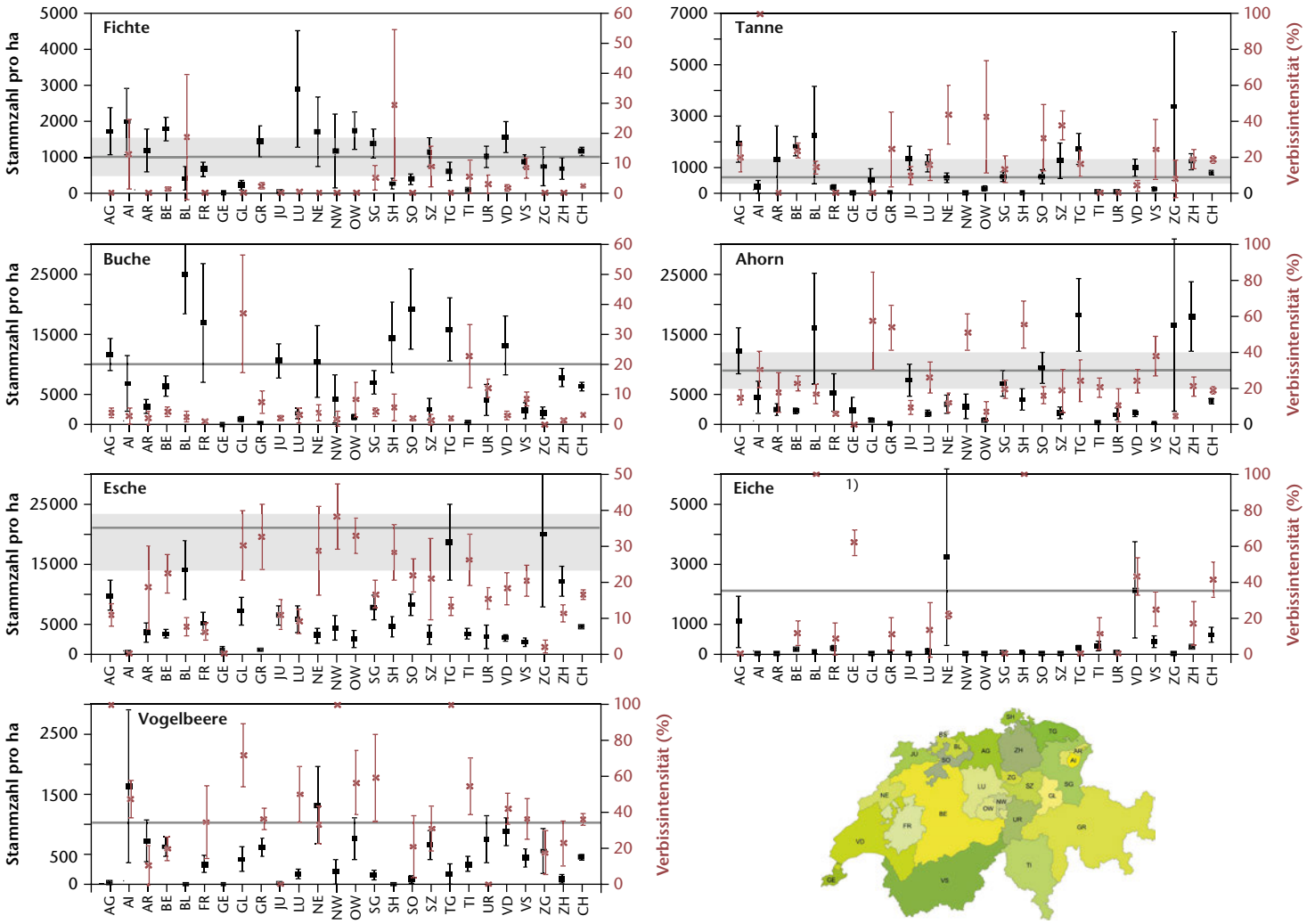

Abb 3 *Jungwaldstammzahlen (schwarz) und Verbissintensitäten (rot) auf Basis des LFI4b pro Kanton (Karte). Angegeben sind Mittelwert ± Standardfehler. Die Anzahl LFI-Probeflächen hängt von der Kantonsgrösse ab: In GE waren es nur 7, in AI, AR, NW und ZG nur zwischen 15 und 25. AG: Aargau, AI: Appenzell Innerrhoden, AR: Appenzell Ausserrhoden, BE: Bern, BL: Basel-Landschaft, BS: Basel-Stadt, FR: Freiburg, GE: Genf, GL: Glarus, GR: Graubünden, JU: Jura, LU: Luzern, NE: Neuenburg, NW: Nidwalden, OW: Obwalden SG: St. Gallen, SH: Schaffhausen, SO: Solothurn, SZ: Schwyz, TG: Thurgau, TI: Tessin, UR: Uri, VD: Waadt, VS: Wallis, ZG: Zug, ZH: Zürich, CH: ganze Schweiz. Grenzwerte wie in Abbildung 2. 1) Mittelwert ± Standardfehler für GE: 77 758 ± 69 205.*

deutlich mehr Kantonen oberhalb der Grenzwerte. Keine Grenzwertüberschreitungen fanden wir bei Fichte, Buche, Esche (Abbildung 3) sowie bei Föhre, Arve und Lärche (nicht dargestellt). Für einzelne Kantone ist die Aussagekraft des LFI4b allerdings limitiert infolge geringer Probeflächenanzahl in kleinen Kantonen und unterschiedlicher (Wuchs-) Regionen und Wildarten in grossen Kantonen.

Kanton	Erhebungsjahr	Waldfläche je Verbissstufe (%)			Waldfläche (ha)
		1	2	3	
Appenzell Innerrhoden	2013	0	100	0	4869
Appenzell Ausserrhoden	2015	0	54	46	7662
Freiburg total		25	69	7	42 507
Freiburg Voralpen	2011	28	72	0	23 013
Freiburg Mittelland	2013	20	65	15	19 494
Neuenburg	2008	69	13	18	31 298
Total 4 Kantone		**37**	**49**	**14**	**86 336**

Tab 1 *Anteil der Waldflächen nach Verbissstufen in Kantonen mit repräsentativen Stichprobeninventuren. Definition der Verbissstufen siehe Text.*

VI-Daten aus repräsentativen Stichprobeninventuren über ganze Kantone

In den vier Kantonen mit regelmässig angeordneten Probeflächen über den gesamten Kanton lag knapp die Hälfte der Probeflächen und damit der kantonalen Waldfläche in der Verbissstufe 2, d.h., mehrere Baumarten lagen im Bereich des durchschnittlichen Grenzwertes, und/oder eine Baumart lag darüber (Tabelle 1).

Im Kanton AI lagen die VI-Werte von Fichte, Tanne, Esche (und Vogelbeere) meist in diesem Bereich. Dies stimmt gut mit den LFI4b-Daten überein, wonach Fichte und Ahorn im Bereich des Grenzwertes (und Vogelbeere darüber) lagen, während die Tanne in den wenigen LFI-Probeflächen zu selten auftrat (Abbildung 3). In AR lagen gemäss kantonalen Angaben die VI der Tanne und teilweise des Ahorns über dem Grenzwert, diejenige der Buche und teilweise der Esche im Bereich der Grenzwerte. Im LFI4b waren die Werte für Ahorn und Esche ähnlich, wobei es klar zu wenige LFI-Probeflächen in AR

Kanton	Erhebungsjahr	Anzahl IF je Verbissstufe				Anteil der IF je Verbissstufe (%)			Kriterien der Flächenauswahl (z.B. gutachtliche Stufe)	Anzahl Probeflächen
		1	2	3	total	1	2	3		
GL	2013	2	6	2	10	20	60	20	2	232
LU	2013	1	6	1	8	13	75	12	WWK Rigi und Pilatus	369
NW	2010	1	1	0	2	50	50	0	Lotharfläche Stanserhorn	68
SG	2014	13	33	18	64	20	52	28	2	2174
SZ	2013	0	6	4	10	0	60	40	2	408
TG	2013	5	5	0	10	50	50	0	gutachtlich	306
TI	2013	3	5	19	27	11	19	70	gutachtlich	1060
VS	2014	3	9	5	17	17	53	30	3	797
ZG	2013	0	4	0	4	0	100	0	3	186
ZH	2015	13	28	2	43	30	65	5	2	1516
Total		**41**	**103**	**51**	**195**	**21**	**53**	**26**		**4942**

Tab 2 *Anzahl und Anteil der Indikatorflächen (IF) je Verbissstufe (siehe Text) und Kriterien der Flächenauswahl sowie Probeflächenanzahl nach Kanton. Es ist zu beachten, dass die Kantone in ihren gutachtlichen Erhebungen, die der Flächenauswahl dienten, nicht alle dieselbe Definition für die gutachtlichen Stufen anwendeten. WWK: Wald-Wild-Konzept.*

Kanton	Beurteilungsjahr	Waldfläche je gutachtliche Stufe (%)			Beurteilte Waldfläche (ha)	Anteil an der Waldfläche (%)
		1	≥2	3		
AG	2013	25	68	7	48 956	99.8
BE	2013	53	36	11	166 592	100
BS/BL	2012	55[2]	44[2]	1[2]	*20 883*	
GE	2013	0	70	30	3005	
GL	2011	59	41[3]		10 331	55.7
GR	2003–2013[1]	82	17	1	187 590	
JU	2013	100	0	0	*39 130*	
LU	2013	79	18	3	41 013	99.7
NW	2013	90	10	0	*7758*	
OW	2011	91	9[3]		19 547	100
SH	2012	62	29	9	28 122[4]	98[4]
SO	2013	57	31	12	*31 486*	
SZ	2012	80	20[3]		*27 112*	
UR	2011	71	29	0	16 066	95
VS	2013	85	15[3]		*109 009*	
ZG	2009	69	30	1	*6424*	100
ZH	2014	49	38	13	49 700	100
Total		**68**	**27[3]**	**5**	**812 724**	

Tab 3 *Einschätzung des Verbisseinflusses aufgrund von gutachtlichen kantonalen Erhebungen je beurteilte Waldfläche oder, falls keine Flächenangaben erhalten, je Waldfläche nach Schweizerischer Forststatistik 2013 (kursive Werte). 1) Publikationsjahre der Daten (anstelle der Beurteilungsjahre); 2) Anteile der Jagdreviere (anstelle der Waldflächen); 3) in Kantonen, in denen nur zwei gutachtliche Stufen ausgeschieden wurden, wird die höhere Stufe zur Stufe 2 gezählt; 4) Summe der Jagdrevierflächen. Die Erhebungskriterien waren in den verschiedenen Kantonen unterschiedlich und die gutachtlichen Stufen nicht identisch definiert.*

gab. In NE wurden besonders die Tanne und teilweise Laubbäume verbissen, was gut mit den LFI4b-Daten übereinstimmt (Abbildung 3). In FR hingegen lag in den LFI4b-Daten nur die Vogelbeere im Bereich des Grenzwertes (Abbildung 3), was Verbissstufe 1 ergäbe. Anhand der Kantonsdaten wurde jedoch sowohl in den Voralpen als auch im Mittelland ein Grossteil der Waldfläche der Verbissstufe 2 zugeordnet (Tabelle 1). Die Unterschiede könnten in unterschiedlichen Aufnahmemethoden und -zeiträumen begründet sein.

VI-Erhebungen in ausgewählten Waldflächen

Die Erhebungen in Indikatorflächen (IF) wurden in den zehn Kantonen meistens in Gebieten durchgeführt, in denen der Verbisseinfluss «kritisch» oder «unklar» war («gelbe Flächen», gutachtliche Stufe 2), oder in «Problemflächen» (Tabelle 2). Zu beachten ist allerdings, dass die IF teilweise vor 15 Jahren angelegt worden waren (besonders in SG). Die meisten IF befanden sich in Verbissstufe 2 (Tabelle 2). In der Regel wiesen also mehrere Baumarten VI im Bereich der Grenzwerte auf, und/oder eine Baumart lag darüber (meist Tanne; z.B. 71% der IF in ZH, die deshalb der Verbissstufe 2 zugeordnet wurden).

Besonders im Kanton GL war die Zuordnung der Verbissstufen schwierig, da in einer IF mit Verbissstufe 1 und in mindestens vier IF der Stufe 2 die Tanne so selten war, dass die VI nicht bestimmbar war. Hier besteht also Bedarf nach genauerer Abklärung der Gründe für den Tannenmangel, z.B. mittels Erhebung von Bäumchen mit weniger als 10 cm Höhe. Sollte dieser Mangel durch Verbiss bedingt sein, läge in GL nur noch eine IF in Verbissstufe 1, drei lägen in Stufe 2 und sechs sogar in Stufe 3.

Die Ergebnisse für die IF variierten erheblich zwischen Wildräumen oder Forstkreisen. So wiesen zum Beispiel die vier IF im Wildraum 3a des Kantons SG keine hohen VI auf, während vier der fünf IF in Wildraum 9 mindestens für zwei Baumarten VI-Werte über den Grenzwerten aufwiesen (Berichte zur Verjüngungskontrolle, VeKo, des Kantons SG).

Daten aus gutachtlichen Erhebungen

17 Kantone mit einer beurteilten Waldfläche von über 800 000 ha (65% der Schweizer Waldfläche) sandten uns Ergebnisse ihrer gutachtlichen Erhebungen zu (Tabelle 3). Die Kantone GL, OW, SZ und VS weisen nur zwei gutachtliche Stufen aus; wir zählten die jeweils höhere Stufe zur Stufe 2 (nicht zur Stufe 3). Mit dieser zurückhaltenden Einstufung lagen rund zwei Drittel der begutachteten Waldfläche in der gutachtlichen Stufe 1, 27% in Stufe 2 und 5% in Stufe 3.

In allen Kantonen, die uns gutachtliche Resultate zu kleineren Flächeneinheiten (Wildräumen, Forstkreisen) zur Verfügung stellten, gab es beträchtliche kantonsinterne Unterschiede. Je kleiner die Einheiten, desto grösser waren die Unterschiede (vgl. z.B. BE, AG und GL mit GR in Tabelle 4). Unter Vorbehalt der unterschiedlich grossen Analyseeinheiten wiesen der Kanton GE (Tabelle 3) sowie vier Wildräume in AG, drei Wildräume in BE und ein Jagdbezirk in ZH (Tabelle 4) mehr als 25% der Waldfläche

Kanton	Wildraum, Region, Forstkreis	Waldfläche je gutachtliche Stufe (%)		
		1	≥2	3
AG	Wildraum 1	0	71	29
AG	Wildraum 2	17	82	0
AG	Wildraum 3	6	94	0
AG	Wildraum 4	6	94	0
AG	Wildraum 5	0	59	41
AG	Wildraum 6	0	73	27
AG	Wildraum 7	34	66	0
AG	Wildraum 8	40	56	4
AG	Wildraum 9	67	33	0
AG	Wildraum 10	51	38	11
AG	Wildraum 11	27	69	3
AG	Wildraum 12	1	46	53
BE	Wildraum 1	54	42	4
BE	Wildraum 2	88	12	0
BE	Wildraum 3	9	89	2
BE	Wildraum 4	34	53	13
BE	Wildraum 5	32	23	45
BE	Wildraum 6	22	75	3
BE	Wildraum 7	12	55	34
BE	Wildraum 8	5	80	15
BE	Wildraum 9	100	0	0
BE	Wildraum 10	10	38	52
BE	Wildraum 11	51	37	12
BE	Wildraum 12	77	17	6
BE	Wildraum 13	98	1	1
BE	Wildraum 14	87	12	1
BE	Wildraum 15	98	1	1
BE	Wildraum 16	93	5	2
BE	Wildraum 17	76	19	5
BE	Wildraum 18	99	1	0
GL	Glarus Nord	51	49[1]	
GL	Glarus	96	4[1]	
GL	Glarus Süd	50	50[1]	
GR	Surselva	84	16	0
GR	Herrschaft-Prättigau	72	24	3
GR	Unterengadin	81	19	0
GR	Mesolcina	76	22	2
GR	Poschiavo	93	7	0
GR	Churer Rheintal	77	22	1
GR	Bergell	91	9	0
GR	Davos Albula Surses	86	14	1
GR	Schams-Avers-Rheintal	89	11	0
GR	Oberengadin	89	11	0
LU	Wildraum 1: Rooterberg	100	0	0
LU	Wildraum 2: Rigi	92	8	0
LU	Wildraum 4: Horwer Halbinsel	0	100	0
LU	Wildraum 5: Pilatus-Schimbrig	45	46	9
LU	Wildraum 6: Schrattenflue-Beichlen	88	12	0
LU	Wildraum 7: Napf	99	1	0
LU	Wildraum 8: Ebersecken	68	32	0
LU	Wildraum 9: Kreuzberg	88	12	0
LU	Wildraum 10: Mittelland West	99	1	0
LU	Wildraum 11: Mittelland Ost	81	13	6
LU	Wildraum 12: Lindenberg	88	12	0
LU	Wildraum 13: Hundsrücken	100	0	0
UR	Forstkreis 1	78	18	0
UR	Forstkreis 2	68	33	0
UR	Forstkreis 3	62	31	0
UR	Forstkreis 4	35	64	0
VS	Oberwallis	89	11[1]	
VS	Mittelwallis	81	19[1]	
VS	Unterwallis	83	17[1]	
ZH	Jagdbezirk Amt	47	49	4
ZH	Jagdbezirk Pfannenstiel	45	18	37
ZH	Jagdbezirk Oberland	54	33	13
ZH	Jagdbezirk Weinland	62	25	13
ZH	Jagdbezirk Unterland	31	64	5

Tab 4 *Einschätzung des Verbisseinflusses für grosse Kantone aufgrund von gutachtlichen Erhebungen, aufgeschlüsselt je Wildraum, Forstkreis oder Jagdbezirk. Abkürzungen siehe Abbildung 3. Im Kanton UR wurden einzelne Flächen nicht beurteilt, weshalb die Summe nicht 100% ergibt. 1) In den Kantonen VS und GL, in denen nur zwei gutachtliche Stufen ausgeschieden wurden, wird die höhere Stufe zur Stufe 2 gezählt.*

in der gutachtlichen Stufe 3 aus, womit die Schwelle zur Erstellung eines Wald-Wild-Konzeptes gemäss Vollzugshilfe Wald und Wild (BAFU 2010) überschritten ist. In einigen Gebieten, zum Beispiel im JU (Tabelle 3) und in einzelnen Wildräumen oder Forstkreisen in BE, GL und LU (Tabelle 4), wurden mittels gutachtlichen Erhebungen mehr als 95% der Waldfläche in die gutachtliche Stufe 1 eingeteilt, was bedeutet, dass (fast) kein oder zumindest nur unbedeutender Verbisseinfluss beobachtet wurde. Laut den kantonalen Gutachten variiert der Verbisseinfluss also lokal stark, und keine grössere Region fällt mit tiefem oder hohem Verbisseinfluss auf.

Die Resultate der baumartenspezifischen Beurteilung variierten ebenfalls kleinräumig, sowohl in den einzelnen Kantonen wie auch im Vergleich unter den Kantonen (nicht dargestellt). Im Kanton ZH zum Beispiel lagen die Flächenanteile mit «tragbarem» Verbiss (gutachtliche Stufe 1) im Jahr 2015 für Tanne bei 22%, gefolgt von Eiche mit 31%, Föhre mit 33%, Lärche mit 36%, Ahorn mit 50%, Esche mit 73%, Fichte mit 93% und Buche mit 100%. Im Kanton SH variierte der Anteil der Forstreviere in Stufe 1 im Jahr 2012 von 5% bei Eiche, Kirsche, Hagebuche und Linde über 8% bei Föhre und Lärche, 17% bei Ahorn, 18% bei Tanne und 27% bei Fichte bis zu 44% bei Buche. Generell waren, ähnlich wie beim LFI, Eiche und Tanne stärker betroffen als Fichte und Buche.

Diskussion

Bei der Interpretation der hier zusammengestellten Ergebnisse sind die heterogenen Beurteilungskriterien zu berücksichtigen. So standen für unseren Überblick einerseits Daten zum Verbisseinfluss aus gutachtlichen Erhebungen zur Verfügung (Tabellen 3 und 4), andererseits Daten zur Verbissintensität (VI) und zu den Stammzahlen. Der Verbisseinfluss aus kantonalen VI-Daten wurde mittels baumartenspezifischer durchschnittlicher Grenzwerte der zulässigen VI abgeschätzt (Tabellen 1 und 2), derjenige aus dem LFI4b je nach Vegetationshöhenstufe mittels der tiefsten (subalpin), der durchschnittlichen (montan) respektive der maximalen (kollin) von Eiberle und Koautoren publizierten Grenzwerte (Abbildungen 2 und 3).

Verbisseinfluss auf die Baumverjüngung in Schweizer Wäldern

Auf zwei Dritteln der Schweizer Waldfläche wurde der Verbisseinfluss gutachtlich eingeschätzt. In der gutachtlichen Stufe 2 lagen 27% der beurteilten Fläche, in Stufe 3 waren es 5%. Dies ergibt rund einen Drittel der Fläche mit mindestens kritischem/unklarem bis starkem Verbisseinfluss. Da die Stufe 3 in den meisten gutachtlichen Erhebungen bedeutet,

dass der Verbisseinfluss so hoch ist, dass das waldbauliche Verjüngungsziel (mindestens teilweise) nicht erreicht werden kann, verwenden wir diese Waldfläche als minimale Abschätzung der Fläche mit «Wildschäden». Gesamtschweizerisch sind davon mehr als 40 000 ha Wald betroffen. Das Bundesgesetz über den Wald vom 4. Oktober 1991 (Waldgesetz, WaG, SR 921.0) sagt in Artikel 27 Absatz 2: *[Die Kantone] regeln den Wildbestand so, dass die Erhaltung des Waldes, insbesondere seine natürliche Verjüngung mit standortgerechten Baumarten, ohne Schutzmassnahmen gesichert ist. Wo dies nicht möglich ist, treffen sie Massnahmen zur Verhütung von Wildschäden*. Wenn auf mehr als 25% der Waldfläche nach erfolgter Wildbestandsregulierung die Verjüngungssollwerte ohne Wildschadenverhütungsmassnahmen nicht erreicht werden, schreibt die Vollzugshilfe Wald und Wild des Bundes (BAFU 2010) die Erarbeitung eines Wald-Wild-Konzeptes mit konkretem Massnahmenplan vor. Im Kanton GE und in einzelnen Wildräumen oder Jagdbezirken von AG, BE und ZH befinden sich mehr als 25% der Waldfläche in der gutachtlichen Stufe 3. Ausser den genannten Gebieten könnten aber noch weitere Flächen teilweise hohen Verbisseinfluss aufweisen, weil 1) die Grösse der Aussageeinheit (Grösse der Wildräume respektive der Kantone) den Flächenanteil je Stufe beeinflusst (der Flächenanteil in der gutachtlichen Stufe 3 nimmt bei grösseren Aussageeinheiten ab), 2) einige Kantone (GL, OW, SZ, VS) nur zwei gutachtliche Stufen ausscheiden und wir die jeweils höhere Stufe zurückhaltend in die Stufe ≥2 einteilten (und nicht in Stufe 3), 3) auch in der gutachtlichen Stufe 2 einige Flächen die gesetzlichen Vorgaben nicht erfüllen (Entmischung) und 4) für rund ein Drittel der Schweizer Waldfläche keine gutachtlichen Einschätzungen des Verbisseinflusses vorliegen.

Da die Weisstanne – immerhin die dritthäufigste Baumart der Schweiz – gemäss LFI *aktuell* zu 19% (über die Schweiz betrachtet) verbissen wurde und gerade ihre zwei stärksten Konkurrenzarten Fichte und Buche wesentlich seltener verbissen wurden, muss in einem bedeutenden Teil der Schweiz mit verbissbedingten Verjüngungsschwierigkeiten der Tanne gerechnet werden. Gesamtschweizerisch sind die VI bei Fichte und Buche seit dem LFI2 (1993 bis 1995), das dem LFI4b methodisch weitgehend ähnlich ist, konstant geblieben, haben aber betreffend die Tanne von 14% auf 19% leicht zugenommen (Zinggeler et al 1999).

Nebst der Tanne wurde auch der Ahorn in allen Regionen und insbesondere in der unteren subalpinen und oberen montanen Stufe häufig verbissen (mindestens im Bereich der Grenzwerte). Allerdings hat die VI seit dem LFI3 (2004 bis 2006; 20%; Schwyzer et al 2010) gegenüber früheren Inventuren abgenommen (31% in LFI2, Zinggeler et al 1999).

Die Eiche wurde in den Regionen Jura und Mittelland, wo sie häufig vorkommt, in der kollinen Höhenstufe am häufigsten von allen Hauptbaumarten verbissen – damit wird ihre Konkurrenzkraft dort sehr stark reduziert. Die VI der Eiche nahm von weniger als 10% im LFI1 (Brändli 1996) über zirka 21% im LFI2 (Zinggeler et al 1999) und LFI3 (Schwyzer et al 2010) bis auf die aktuellen rund 40% stark zu. Dies behindert die natürliche Verjüngung der Eiche erheblich, und die vom Bund geförderte Ausbreitung der Eichenfläche (Bonfils et al 2005) ist ohne Präventionsmassnahmen kaum realisierbar.

Die Vogelbeere wird in allen Regionen oft verbissen (vgl. unsere Resultate und Kamler et al 2010) und eignet sich gut als «Verbissgehölz» (vgl. auch Imesch et al 2010). Problematisch ist, dass sie auch in Schutzwäldern stark verbissen wird, wo ihre Präsenz zur Erhaltung der Schutzwirkung gegenüber Naturgefahren (Frehner et al 2005) beiträgt.

Auch gemäss kantonalen Daten aus repräsentativen Stichprobeninventuren und Indikatorflächen waren meistens dieselben Baumarten besonders betroffen. Alle diese Resultate zur VI bedeuten, dass bei anhaltend hohen VI-Werten je nach Höhenlage Tanne, Ahorn, Eiche und/oder Vogelbeere gegenüber anderen Baumarten beim Aufwachsen einen verbissbedingten Nachteil erleiden und dass dieser Verbisseinfluss längerfristig zur Entmischung von Baumarten führen dürfte.

Sowohl in den ausgewerteten kantonalen Datensätzen wie auch im LFI4b stach keine grössere Region mit deutlich stärkerem Verbisseinfluss heraus. In jeder Region gab es bei einzelnen Baumarten eine geringe, bei anderen eine erhöhte VI, und innerhalb der Kantone fanden sich Gebiete mit tiefem, andere mit hohem Verbisseinfluss. Allerdings zeigte sich auch, dass erhöhter Verbisseinfluss nicht ein lokal begrenztes Phänomen ist, sondern in allen Landesteilen beobachtet werden kann. Ausserdem fanden wir im Gegensatz zu früheren Übersichten kein Ost-West-Gefälle, weder in den kantonalen noch in den LFI4b-Daten. Im Gegensatz zu den LFI1-Daten fanden wir auch in den Regionen Nordalpen West und Alpen Südwest bei vielen Arten eine hohe VI. So wurden Tanne und Ahorn neu auch im VS oft verbissen, die Eiche auch in VD und GE. Zudem weisen die gutachtlichen Bewertungen aus dem Kanton GE auf rund 30% der Waldfläche hohen Verbisseinfluss aus. Diese Entwicklung ist wohl unter anderem auf die Ausbreitung des Rothirsches (Imesch 2011) in den letzten Jahrzehnten zurückzuführen.

Bemerkungen zu den Methoden

Die objektiv messbaren VI und insbesondere deren zeitliche Entwicklung deuten frühzeitig auf durch Wild bedingte Probleme in der Waldverjüngung hin. Bei seltenen Baumarten ist die Berechnung der VI aber schwierig, insbesondere wenn nur

30 Bäume (aller Baumarten) mit mehr als 10 cm Höhe pro Probefläche auf Verbiss angesprochen werden (Rüegg 2008[3]). Deshalb konnten für einige Baumarten, insbesondere für die Tanne, oft keine Kenngrössen berechnet werden, obwohl der Verbiss am Mangel von Tannensämlingen (mit)beteiligt sein dürfte (VeKo-Berichte GL). Durch Aufnahmen des Verbisses an Bäumchen mit weniger als 10 cm Höhe sowie Aufnahme ganzer Kreissektoren oder mindestens durch Verwendung von artabhängigen Abbruchkriterien könnte in Zukunft der Verbisseinfluss auch an solchen Standorten abgeschätzt werden.

Der Verbisseinfluss hängt nicht ausschliesslich von der Populationsdichte der wildlebenden Huftiere ab, sondern zum Beispiel auch von deren Zusammensetzung. Gämsen und Hirsche fressen in der Regel häufiger und stärker Endtriebe als Rehe. Zudem variiert der Verbisseinfluss je nach der Verbissstärke (Kupferschmid et al 2014b). Viele weitere Faktoren wie generelles Äsungsangebot, Störungsquellen, Attraktivität des Lebensraumes, Lebensraumpotenzial oder Beliebtheitsgrad einzelner Baumarten beeinflussen den Verbiss massgebend (Klötzli 1965, Suchant et al 2010).

Wir benutzten den Vergleich mit Grenzwerten für eine zulässige VI zur Schätzung des Verbisseinflusses aus Verbissinventuren. Die Resultate des LFI4b zeigen einerseits die Wichtigkeit dieser Grenzwerte zur Beurteilung der aktuellen Wald-Wild-Situation, anderseits aber auch deren Grenzen bezüglich Baumarten (nicht für alle Arten definiert), Wertebereich (relativ grosse Bandbreite der publizierten Werte; vgl. Werte für die Tanne in Abbildung 1) und Berücksichtigung unterschiedlicher Wuchsbedingungen. Zudem ist nicht die Anzahl verbissener Bäumchen entscheidend, sondern die Anzahl Bäumchen, welche erfolgreich aufwachsen können. Wir fanden, möglicherweise als Folge der Kombination von sehr hohen Verjüngungsstammzahlen und hohen Grenzwerten der zulässigen VI, keine Überschreitungen von Grenzwerten bei der Esche, obwohl sie beim Wild beliebt ist (vgl. VI-Skala in Abbildungen 2 und 3). Massgebend für den Verbisseinfluss sind VI und Verbissstärke im Wechselspiel mit Verjüngungsdichte und standortspezifischer Reaktionsfähigkeit der Bäumchen auf Verbiss. Weitere Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen VI und (lokaler) Verjüngungsstruktur sind wünschenswert, damit VI-Werte besser interpretiert werden können (siehe auch Reimoser et al 2014).

Der Wildeinfluss wurde oft aus Kostengründen und teilweise auch aufgrund dieser Unsicherheit in der Interpretation der VI-Werte in 17 von 26 Kantonen in den letzten Jahren mittels gutachtliche Erhebungen beurteilt. Leider führen die Kantone diese Erhebungen auf unterschiedliche Art und Weise durch, weshalb die Ergebnisse nur bedingt vergleichbar sind. Wünschenswert wäre eine Vereinheitlichung und Objektivierung dieser gutachtlichen Erhebungen über die ganze Schweiz, insbesondere mittels Checklisten, und für Gebiete mit unklarem Wildeinfluss mit Kontrollzäunen, Weiserflächen (Frehner et al 2005) oder IF. Insbesondere die zeitliche Entwicklung des Wildverbisses kann in IF objektiver als mit gutachtlichen Erhebungen aufgezeigt werden. Jedoch lassen IF in «kritischen/unklaren» Flächen keine Hochrechnung auf die Schweizer Wälder zu, weshalb ihr Nutzen für einen schweizweiten Überblick gering ist.

Die VI wurde im LFI4b und wohl auch in den meisten kantonalen Erhebungen mit der «Ratio of Mean»-Methode (Rao 2002) ermittelt. Die VI wird dabei berechnet als die Summe aller Bäumchen mit Verbiss dividiert durch die Gesamtanzahl Bäumchen je Analyseeinheit. Dies bedeutet, dass jedes Bäumchen gleich gewichtet wird, egal wie gross die Stammzahl auf einer Probefläche ist. Interessiert die von Verbisseinfluss betroffene Waldfläche, wäre der «Mean of Ratio» sinnvoller, d.h., dass die VI pro Probefläche berechnet und daraus der Mittelwert pro Aussageeinheit (Region, Höhenstufe etc.) gebildet wird. So wird der Einfluss von einzelnen stammzahlreichen Probeflächen auf das Ergebnis (z.B. Kanton GE in den LFI4b-Resultaten in Abbildung 3) eliminiert (siehe auch Diskussionen um Sollwerte für Stammzahlen vs. Sollwerte für Dichte von Verjüngungsansätzen, Brang & Duc 2002). Wir empfehlen, beide Schätzer der VI zu berechnen und deren Differenzen zu diskutieren.

Die Schweiz ist ein kleines Land mit vielen administrativen Grenzen, die das Wild weder kennt noch einhält. Wenn der Einfluss wildlebender Huftiere beurteilt werden soll, sollte dies in Wildräumen geschehen, denn nur so kann sichergestellt werden, dass beim Wald-Wild-Management Ziel, Massnahmen und Wirkung räumlich möglichst deckungsgleich sind. Einige Kantone haben ihr Gebiet in Wildräume eingeteilt, wenn auch basierend auf unterschiedlichen Definitionen. In allen Kantonen fanden sich denn auch Unterschiede zwischen den einzelnen Wildräumen, die bei kleineren Aussageeinheiten tendenziell grösser waren (vgl. BE vs. GR, Tabelle 4). Wünschenswert wäre eine kantonsübergreifende Einteilung, damit auch die LFI-Daten in Wildräumen dargestellt und interpretiert werden könnten. Erschwerend wirkt die Heterogenität der wildlebenden Huftiere, da Rehe und Gämsen deutlich kleinere Lebensräume besiedeln als Hirsche.

Schlussfolgerungen

Der Verbiss an Bäumchen kann kleinräumig sehr unterschiedlich sein und lokal einen grossen Einfluss auf die Waldverjüngung haben. Treten nur kleinräumig verbissbedingte Probleme auf, wird dies im vorliegenden schweizweiten Überblick nicht

erfasst. Vorbehältlich der verwendeten Analyseeinheiten stellt der Verbiss auf rund zwei Dritteln der begutachteten Waldfläche der Schweiz weder für einzelne Baumarten noch für das Verjüngungskollektiv einen bedeutenden Einfluss dar (gutachtliche Stufe 1). Da die Verbissintensitäten bei Tanne und Eiche aber gesamtschweizerisch in den letzten Jahren auf sehr hohe Werte angestiegen sind, muss in allen Landesteilen gebietsweise aber mit verbissbedingten Verjüngungsschwierigkeiten mindestens bei diesen Baumarten gerechnet werden. Generell dürften die grössten negativen Auswirkungen häufigen Verbisses in der kollinen Stufe bei der Eiche, in der montanen Stufe bei der Tanne und in der unteren subalpinen Stufe bei Ahorn und Vogelbeere auftreten.

Für eine bessere Einschätzung des Verbisseinflusses auf den Schweizer Wald wären Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen der objektiv messbaren Verbissintensität und der Verjüngungsdichte wünschbar. Erstrebenswert wären auch Informationen zu den weniger als 10 cm grossen Sämlingen, schweizweit einheitlich objektivierte gutachtliche Erhebungen und kantonsübergreifende Einteilungen der Waldfläche in Wildräume.

Eingereicht: 18. Juli 2015, akzeptiert (mit Review): 28. September 2015

Dank

Wir danken den Verantwortlichen in den 25 Kantonen, die uns die Daten zur Verfügung gestellt haben. Weiter bedanken wir uns bei den Mitgliedern der Arbeitsgruppe Wald und Wildtiere des Schweizerischen Forstvereins für die anregenden Diskussionen sowie bei Olivier Schneider, Heinz Nigg und Dominik Thiel für die kritische Durchsicht einer früheren Fassung dieses Manuskriptes.

Quellen

Schweizerisches Landesforstinventar. Spezialauswertung der Erhebung 2009–2013 (LFI4b) durch Markus Huber (22. Mai 2015).

Schweizerische Forststatistik 2013. Bundesamt für Statistik. www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/erhebungen__quellen/blank/blank/forst_stat/01.html (30.9.2015).

Kantonale Berichte zum Thema Wald-Wild inkl. VeKo-Berichten.

Literatur

BAFU (2010) Vollzugshilfe Wald und Wild. Das integrale Management von Reh, Gämse, Rothirsch und ihrem Lebensraum. Bern: Bundesamt Umwelt, Umwelt-Vollzug 1012. 24 p.

BERWERT-LOPES R (1996) Assessment of tolerable browsing by Eiberle's method: Limitations and future prospects. For Ecol Manage 88: 87–91.

BONFILS P, HORISBERGER D, ULBER M (2005) Förderung der Eiche. Strategie zur Erhaltung eines Natur- und Kulturerbes des Schweiz. Bern: Bundesamt Umwelt, Schriftenreihe Umwelt 383. 102 p.

BRÄNDLI UB (1996) Wildschäden in der Schweiz – Ergebnisse des ersten Landesforstinventars 1983–85. In: WSL. Wild im Wald – Landschaftsgestalter oder Waldzerstörer. Birmensdorf: Eidgenöss Forsch.anstalt WSL, Forum für Wissen. pp. 15–24.

BRÄNDLI UB (2010) Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004–2006. Birmensdorf: Eidgenöss Forsch.anstalt WSL. 312 p.

BRANG P, DUC P (2002) Zu wenig Verjüngung im Schweizer Gebirgs-Fichtenwald: Nachweis mit einem neuen Modellansatz. Schweiz Z Forstwes 153: 219–227. doi: 10.3188/szf.2002.0219

CORNELIS J, CASAER J, HERMY M (1999) Impact of season, habitat and research techniques on diet composition of roe deer *(Capreolus capreolus)*: a review. J Zool 248: 195–207.

COTE SD, ROONEY TP, TREMBLAY JP, DUSSAULT C, WALLER DM (2004) Ecological impacts of deer overabundance. Ann Rev Ecol Evol Syst 35: 113–147.

EDENIUS L, DANELL K, NYQUIST H (1995) Effects of simulated moose browsing on growth, mortality, and fecundity in Scots pine: relations to plant productivity. Can J For Res 25: 529–535.

EIBERLE K, NIGG H (1984) Zur Ermittlung und Beurteilung der Verbissbelastung. Forstwiss Cent.bl 103: 97–110.

EIBERLE K (1985) Bergahorn und Esche: Belastungsgrenzen für den Wildverbiss. Schweiz Z Forstwes 136: 849–856.

EIBERLE K, DÜRR C (1985) Grenzen der Verbissbelastung für die Weisstanne *(Abies alba)* in der kollinen Stufe. Waldhygiene 16: 95–106.

EIBERLE K, ZEHNDER U (1985) Kriterien zur Beurteilung des Wildverbisses bei der Weisstanne. Schweiz Z Forstwes 136: 399–414.

EIBERLE K, NIGG H (1987) Grundlagen zur Beurteilung des Wildverbisses im Gebirgswald. Schweiz Z Forstwes 138: 747–785.

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.

GEBERT C, VERHEYDEN-TIXIER H (2001) Variations of diet composition of red deer *(Cervus elaphus* L.). Eur Mammal Rev 31: 189–201.

IMESCH N, EYHOLZER R, HERZOG S (2010) Massnahmen zur Lebensraumverbesserung und -beruhigung. In: BAFU. 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. 167–202.

IMESCH N (2011) Der Rothirsch in der Schweiz – Verbreitung & Jagdstrategien. www.forstverein.ch/fileadmin/Datenordner/arbeitsgruppen/wald_tiere/waldwildkurs/02_Verbreitung_Imesch.pdf (28.9.2015)

KAMLER J, HOMOLKA M, BARANCEKOVA M, KROJEROVA-PROKESOVA J (2010) Reduction of herbivore density as a tool for reduction of herbivore browsing on palatable tree species. Eur J For Res 129: 155–162.

KELLER M (2013) Schweizerisches Landesforstinventar, Feldaufnahmeanleitung 2013. Birmensdorf: Eidgenöss Forsch.anstalt WSL. 214 p.

KLÖTZLI F (1965) Qualität und Quantität der Rehäsung in Wald- und Grünland-Gesellschaften des nördlichen Mittellandes. Veröff Geobot Inst Eidgenöss Tech Hochsch, Stift Rübel Zür Heft 38: 1–186.

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

KUPFERSCHMID AD, BRANG P (2010) Praxisrelevante Grundlagen: Zusammenspiel zwischen Wild und Wald. In: BAFU. 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, WASEM U, BUGMANN H (2014A) Light availability and ungulate browsing determine growth, height and mortality of *Abies alba* saplings. For Ecol Manage 318: 359–369.

KUPFERSCHMID AD, WASEM U, BUGMANN H (2014B) Wie reagiert die Weisstanne nach Verbiss? Wald Holz 95 (4): 23–26.

MEIER F, ENGESSER R, FORSTER B, ODERMATT O, ANGST A (2014) Forstschutz-Überblick 2013. Birmensdorf: Eidg. Forsch.anstalt WSL, WSL Berichte. 28 p.

ODERMATT O (1996) Zur Bewertung von Wildverbiss; die «Methode Eiberle». Schweiz Z Forstwes 147: 177–199.

ODERMATT O (2009) Ergebnisse aus Untersuchungen zum Wildtiereinfluss auf die Waldverjüngung in der Schweiz. Schweiz Z Forstwes 160: 294–302. doi: 10.3188/szf.2009.0294

ONDERSCHEKA K, REIMOSER F, TATARUCH F, STEINECK T, KLANSEK E ET AL (1989) Integrale Schalenwildbewirtschaftung im Fürstentum Liechtenstein unter besonderer Berücksichtigung landschaftsökologischer Zusammenhänge. Vaduz: Regierung des Fürstentums Liechtenstein. 265 p.

RAO TJ (2002) Mean of ratios or ratio of means or both? J Stat Plan Inference 102: 129–138.

REIMOSER F, GOSSOW H (1996) Impact of ungulates on forest vegetation and its dependence on the silvicultural system. For Ecol Manage 88: 107–119.

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- und Ausbildungszentrum Wald, Naturgefahren Landschaft, BFW-Dokumentation. 177 p.

RÜEGG D, SCHWITTER R (2002) Untersuchungen über die Entwicklung der Verjüngung und des Verbisses im Vivian-Sturmgebiet Pfäfers. Schweiz Z Forstwes 135: 130–139. doi: 10.3188/szf.2002.0130

RÜEGG D, BURGER T, BRANG P (2010) Methoden zur Erhebung und Beurteilung des Wildeinflusses auf die Waldverjüngung. In: BAFU. 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. 67–92.

SCHWYZER A, ZINGGELER J (2000) Eine neue Methode zur Quantifizierung des Wildverbisses. Schweiz Z Forstwes 151: 107–116. doi: 10.3188/szf.2000.0107

SCHWYZER A, ABEGG M, KELLER M, BRANG P (2010) Gesundheit und Vitalität. In: Brändli UB, editor. Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004–2006. Birmensdorf: Eidgenöss Forsch.anstalt WSL. pp. 115–142.

SUCHANT R, BURGHARDT F, CALABRÒ S (2010) Beurteilung von Wildverbiss in Naturverjüngungen. www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/wild/fva_wildverbiss_broschuere/fva_wildverbiss_broschuere.pdf

TIXIER H, DUNCAN P (1996) Are European roe deer browsers? A review of variations in the composition of their diets. Rev Ecol – Terre Vie 51: 3–17.

WASEM U, SENN J (2000) Fehlende Weisstannenverjüngung: Hohe Schalenwildbestände können die Ursache sein. Wald Holz 81 (9): 11–14.

ZINGGELER J, SCHWYZER A, DUC P (1999) Waldverjüngung. In: Brassal P, Brändli UB, editors. Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der Zweitaufnahme 1993–1995. Birmensdorf: Eidgenöss Forsch.anstalt WSL. pp. 153–184.

Influence des ongulés sauvages sur le rajeunissement de la forêt: vue d'ensemble pour la Suisse

Les pousses terminales des jeunes arbres font partie du régime alimentaire du chevreuil, du chamois et du cerf, ce qui peut avoir une influence sur le rajeunissement de la forêt. Nous avons analysé quelle est l'influence actuelle de cet abroutissement dans la forêt suisse et s'il peut être fait état de différences régionales. Pour notre vue d'ensemble, nous avons utilisé toutes les données disponibles à grande échelle en Suisse sur l'influence du chevreuil, du chamois et du cerf: les données du quatrième Inventaire forestier national (IFN 2009/13) et les données cantonales provenant 1) d'inventaires par échantillonnage représentatifs, 2) de relevés de surfaces indicatrices de forêt et 3) de relevés d'évaluation. Aucune grande région de Suisse ne se distingue en lien avec l'influence de l'abroutissement sur la période 2009 à 2014. Au niveau des zones de gestion du gibier, respectivement des arrondissements forestiers, de grandes différences ont été constatées quant à l'influence de l'abroutissement, mais celui-ci n'a pas d'influence sur une essence d'arbre ou sur le rajeunissement de la forêt sur au moins deux tiers de la surface forestière suisse évaluée (niveau 1 d'évaluation). Les effets négatifs les plus importants semblent découler de l'abroutissement fréquent à l'étage de végétation collinéen pour le chêne, à l'étage montagnard pour le sapin blanc et à l'étage subalpin inférieur pour l'érable et le sorbier des oiseleurs. L'analyse des relations entre l'intensité d'abroutissement objectivement mesurable et la densité de rajeunissement, ainsi que des informations sur le manque de semis en dessous de 10 centimètres, permettrait une meilleure appréciation de l'influence de l'abroutissement sur la forêt. La comparaison des données sur l'influence des ongulés sauvages sur la forêt suisse pourrait être améliorée en uniformisant les évaluations réalisées dans des zones de gestion du gibier définies de manière homogène.

Influence of wild ungulates on forest regeneration: overview for Switzerland

Terminal shoots of tree saplings are part of the diet of chamois, roe and red deer, which in turn can affect forest regeneration. We investigated the current extent of browsing influence on the Swiss forest and the existence of regional differences. Our overview includes all available, regionally assessed data on the influence of roe deer, chamois and red deer in Switzerland, i.e. data of the fourth Swiss National Forest Inventory (NFI 2009/13) and data from the cantons derived from 1) representative sample plot inventories, 2) surveys in selected forest areas and 3) assessments by expert opinion. In the time period between approx. 2009 and 2014 no larger region of Switzerland stood out with respect to browsing influence. On the level of the ungulates home range or forest districts we found large differences in the browsing impact, but on at least two-thirds of the assessed forest area of Switzerland browsing had no major influence on single tree species nor on forest regeneration in general (browsing level 1). In the colline vegetation belt frequent browsing has the most adverse influence on oak, in the montane belt on silver fir and in the lower subalpine belt on maple and rowan. Investigations focusing on a better understanding of the relationship between the objectively measurable browsing intensity and regeneration density as well as data on seedlings <10 cm would allow an even better assessment of the browsing influence on the forest. With Swiss-wide standardized assessments by expert opinion within uniformly defined ungulate home ranges, the comparability of data on the impact of wild ungulates on the Swiss forest could be further improved.