



Methodischer Vergleich und Zeitreihenanalysen zu Verbiss im Verjüngungskontext des LFI: **Schlussbericht**

5. März 2024, 3. Version

Andrea D. Kupferschmid

Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf

Herausgeber ist die Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf.

Der Bericht wird unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung 4.0 veröffentlicht.

DOI: <https://doi.org/10.55419/wsl:36188>

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	2
Einleitung und Einschränkung des Projektes	3
Projektziele	3
Modul 1A: Vergleich der LFI-Erhebungsmethoden.....	4
Modul 1B: Simulation der Effekte der LFI-Differenzen	7
Modul 2: Systemgrenzen im Wald-Wild Kontext.....	9
Modul 3: Dichteschätzung der wildlebenden Huftiere.....	11
Modul 4: Analyse der Entwicklung des Verbisses in den letzten Jahrzehnten	12
Diskussion	14
Literatur	15
Anhang 1A:.....	16

Zusammenfassung

Die Baumverjüngung ist ein komplexer Prozess der stark von abiotischen und biotischen Faktoren beeinflusst wird wie z.B. dem Verbiss durch wildlebende Huftiere. Mittels der Schweizerischen Landesforstinventare (LFI) werden Aussagen zur zeitlichen Entwicklung des Verbisses in den letzten Jahrzehnten untersucht.

Da die Methode der Verjüngungserhebung zwischen LFI1 und LFI4 mehrmals gewechselt wurde, wurde im 1 Modul die Änderungen detailliert dokumentiert (1A) und mittels Simulationen deren Auswirkungen auf die Dichte der Verjüngung und des Verbisses aufgezeigt (1B). Es wird empfohlen, nur LFI2 (zusätzliche Reduktion auf nur 1 Subplot) mit LFI4 (bzw. LFI5) zu vergleichen und auch dies nur in einseitigen Test (Zunahme des Verbisses) bzw. Abnahmen im Verbiss müssen grösser als ca. 25% sein, damit sichergestellt ist, dass es kein Artefakt der Methodenänderung der Verbissansprache ist.

Das Modul 2 befasste sich mit der Ebene der Stratifizierung zur Auswertung des Verbisses im Schweizer Wald. Damit relevante Verbiss-Zu- oder Abnahmen festgestellt werden können, sind minimal 50 bestockte Probeflächen (N = 50) bzw. 100 Bäumchen je Aussageinheit nötig. Die kantonal ausgeschiedenen Wildräume sind dafür zu klein. Es wird, in Anlehnung an die klassischen LFI-Gliederungen, die Verwendung der Schutzwaldregionen unter Aufteilung der Region «Jura + Mittelland» gemäss der biogeographischen Region «Jura» und den Wirtschaftsregionen «Mittelland West», «Mittelland Mitte» und «Mittelland Ost» vorgeschlagen.

Im 3. Modul wurden für alle Kantone verschiedene regionale Dichteschätzungen von wildlebenden Huftieren zusammengetragen. Insbesondere wurden Daten zu Abschuss und Fallwild für die Zeitspanne von 1983 bis 2017 aufbereitet und damit unterschiedliche Indexe (z.B. Ungulate Density Index und Faktoren zum Geschlechterverhältnis) berechnet.

Im Modul 4 wurden statistische Modelle berechnet zur zeitlichen Entwicklung des Verbisses unter Einbezug der Wildtierdichten. Exemplarisch sind die Resultate für die Weisstanne und 5 häufige Baumarten für die Regionen Jura, Mittelland Ost, Mittelland West + Mittelland Mitte, Nordalpen Ost und Nordalpen West vorgestellt. Je höher die Dichte der wildlebenden Huftiere mittels der Abschüsse und des Fallwildes eingeschätzt wurde (UDI), desto mehr Verbiss wurde festgestellt. Die Signifikanz der Faktoren zum Geschlechterverhältnis deuten auf die Wichtigkeit der Managementziele bezüglich Wildtierdichten (Zunahme, Stabilisation oder Abnahme der Wilddichten) hin. Der Verbiss hat im Laufe der Zeit an den (häufigen) Laubbaumarten abgenommen, nicht aber an der Weisstanne.

Es wird dringend empfohlen keine weiteren Veränderungen in der Verjüngungserhebung vorzunehmen, welche nicht auf die bestehenden LFI4/LFI5 Aufnahmen «reduziert» werden können. D.h. ein erneutes Wechseln auf 2 Subplots pro Probefläche, wie im LFI2, wäre wünschenswert, da ein Langzeitvergleich gegeben wäre und eine zusätzliche Fläche zu einer grösseren Anzahl Bäumchen führte, bei denen der Verbiss beurteilt werden kann. Dies ist speziell für die Regionen Alpen Südwest, Alpen Südost und Alpensüdseite bzw. die Vegetationshöhenstufen hochmontan und subalpin bis oberhalb wichtig.

Einleitung und Einschränkung des Projektes

Die Baumverjüngung ist ein komplexer, vielschichtiger Prozess der stark von abiotischen (wie Temperatur, Niederschlag, Boden, Licht) und biotischen Faktoren sowie Störungen beeinflusst wird (Diwold, et al. 2010, Brang 1998). Verbiss durch wildlebende Huftiere ist einer der zahlreichen biotischen Einflussfaktoren. In vielen gemäßigten und borealen Wäldern wurde ein grosser Einfluss von wildlebenden Huftierarten auf die Baumverjüngung nachgewiesen (Hester, et al. 2004, Gill 1992, Coté, et al. 2004).

In der Schweiz sind Reh (*Capreolus capreolus*), Gämse (*Rupicapra rupicapra*) und Rothirsch (*Cervus elaphus*) die drei wichtigsten wildlebenden Huftierarten (auch Wild genannt), die einen Einfluss auf die Baumverjüngung im Wald haben. Inwieweit Wildschweine Verbiss an der Baumverjüngung in der Schweiz in einem relevanten Umfang verursachen, ist noch unklar. Im benachbarten Deutschland wurde mittels DNA -Analyse 15% des Verbisses an der Tannenverjüngung als durch Wildschwein verursacht identifiziert (Schneider 2017). Frass nicht nur von Eicheln sondern auch Verbiss der Eichenverjüngung ist aus vielen Studien bekannt. Trotzdem wurde in diesem Projekt angenommen, dass insbesondere Reh, Gämse und Hirsche den Verbiss an Bäumchen einer Baumhöhe zwischen 10 cm bis 130 cm verursachen und deshalb nur deren Dichte auf unterschiedliche Weise abgeschätzt (vergl. Modul 3) und in Relation zum Verbiss gebracht (vergl. Modul 4).

In den letzten Jahren haben verschiedenste Untersuchungen gezeigt, dass die Erhebungsmethoden einen grossen Einfluss auf das Ergebnis von Baumverjüngungs- und Verbissinventuren haben (vergl. z.B. Reimoser, et al. 2014). Im schweizerischen Landesforstinventar wurde die Methode der Baumverjüngungserhebung jeweils bei jeder Inventur neu definiert bzw. angepasst. Dies führt zu methodischen Differenzen, welche unterschiedlich grosse Auswirkungen auf die Ergebnisse haben (vergl. Modul 1). Methodische Differenzen bewirken oft bessere Resultate für eine einzelne Auswertungsperiode. Bei Vergleichen über die Zeit müssen diese hingegen adäquat berücksichtigt werden.

Nebst Verbiss an der Baumverjüngung verursachen Rehe und Hirsche auch Fegen, Schlagen und Schälen. Diese können lokal sehr gehäuft auftreten (vergl. Tageseinstände der Rothirsche im Mittelland, siehe Kupferschmid, et al. 2023), sind aber schweizweit deutlich seltener. In diesem kurzen Schlussbericht werden deshalb ausschliesslich Resultate zum Verbiss dargestellt.

Das Projekt war modular aufgebaut und im Folgenden werden die Resultate jedes Modules kurz zusammengefasst. Für die verschiedenen Module sind gesonderte detaillierte Schlussberichte in Ausarbeitung und es gab Vorträge zu verschiedenen Teilbereichen. Ebenso wurden bereits Teilergebnisse publiziert und weitere Publikationen in wissenschaftlichen Zeitschriften sind in Ausarbeitung.

Projektziele

Hier wird der Hauptfrage nachgegangen, inwiefern mittels der 4 unterschiedlichen Verjüngungserhebungen im Schweizerischen Landesforstinventar (LFI1-4) Aussagen zur zeitlichen Entwicklung des Verbisses verursacht durch die verschiedenen wildlebenden Huftierarten in der topographisch kleinräumig strukturierten Schweiz möglich sind.

Die konkreten Ziele des modular aufgebauten Projektes waren:

1. Detaillierter analytischer und simulationsbasierter Vergleich der Verjüngungserhebungsmethoden vom ersten bis zum vierten LFI als Basis für einen methodenbereinigten schweizweiten Vergleich der Verjüngungs- und Verbissstrukturen.
2. Suche nach optimaler Ebene der Stratifizierung von Verjüngungserhebungen resp. der Systemgrenzen im Wald-Wild Komplex.
3. Zusammentragen und Aufbereiten von verschiedenen regionalen Dichteschätzungen von wildlebenden Huftieren zur Integration in schweizweite Analysen des Verbisses.
4. Abschätzung des räumlichen und zeitlichen Einflusses der wildlebenden Huftiere auf die Baumverjüngung unter Einbezug der Wilddichten bzw. Analyse der Entwicklung des Verbisses in den letzten Jahrzehnten.
5. Ev. erste Abschätzungen von Kaskadeneffekten von Grossraubtieren via Wildtiere auf die Baumverjüngung.

Das Modul 1 wurde aufgeteilt in 1A: Unterschiede der LFI-Messzyklen und 1B: Simulationen der Effekte dieser Unterschiede. Modul 5 wird im «Integrierten Monitoring und Management» (IMM) Projekt, Teil «Retrospektive Analysen zu trophischen Kaskaden», zusammen mit der KORA seit November 2023 angegangen unter Einbezug auch der ersten Daten des LFI5 und damit einer längeren Zeitspanne mit «einheitlicher» Baumverjüngungserhebung (vergl. Modul 1) und mehr Gebieten mit grösserer Raumdichte.

Modul 1A: Vergleich der LFI-Ehebungsmethoden

In der Verjüngungsansprache des Schweizerischen Landesforstinventar wurde die Erhebungsmethode gleich mehrfach von Erhebung zu Erhebung verändert (vgl. Keller 2005, Keller 2013, Stierlin, et al. 1994, Bachofen und Zingg 1988). Im Folgenden sind die wichtigsten Änderungen im Zusammenhang mit einem zeitlichen Vergleich der Verbissaufnahmen zusammengefasst, im Anhang 1A einige zusätzlich tabellarisch.

Generelle Veränderungen in den LFI-Ehebungen können Auswirkungen auf die Verjüngungserhebung haben, so z.B. die **Anzahl und Verteilung der Stichproben pro Jahr**. Bis einschliesslich LFI3 wurde die gesamte Aufnahme der Schweizer Wälder innerhalb von drei (bis 4; LFI2) Jahren regionenweise durchgeführt, ab LFI4 innerhalb von neun Jahren. Die Stichprobenanzahl pro Jahr variierte dabei und war besonders im ersten Erhebungsjahr jeweils deutlich kleiner, im 2. Erhebungsjahr dafür grösser. Das Stichprobennetz wurde von LFI1 zu LFI2-4 halbiert, für einen Vergleich können also nur rund die Hälfte der LFI1 Erhebungen verwendet werden.

Für die Jungwaldaufnahmen wurden **Höhenklassen** (Jungwaldklasse JW) definiert. Die JW-Klassen 10 – 39 und 40 – 129 cm Baumhöhe wurden (separat oder noch unterteilt) in den Inventaren LFI2 – LFI5 aufgenommen. Im LFI1 hingegen war die kleinste JW-Klasse 30 – 129 cm Baumhöhe. Die JW-Klassen der «gesicherteren» Verjüngung sind vergleichbar, d.h. JW-Klasse 0 – 3.9 cm BHD und 4 bis 11.9 cm BHD wurden im LFI1, LFI2, LFI4 und LFI5 unterschieden. Im LFI3 hingegen wurde 0 – 11.9 cm BHD als eine einzige JW-Klasse erfasst. Grössere Bäume sind für diese Arbeit uninteressant, da sie der Verbisshöhe entwachsen sind (vergl. aber Schälén).

Von LFI1 bis LFI5 wurden in der Jungwaldaufnahme insgesamt drei **verschiedene Probeflächendesigns** angewandt. Begonnen wurde im LFI1 mit einem Subplot (SP) im Zentrum der Probefläche (PF), in LFI2 und LFI 3 wurden pro PF zwei SP, einer 10 m westlich und einer 10 m östlich vom PF-Zentrum (Schrägdistanz), eingerichtet. Ab LFI4 wurde der westliche SP aufgenommen und nur, wenn dieser unzugänglich ist, stattdessen der östliche SP.

Je SP wurden im Laufe der LFIs verschiedene Informationen aufgenommen, wie z.B. Entwicklungsstufe (LFI2), Beschattung auf 40 oder 130 cm Höhe (LFI4), Schutzmassnahmen gegen Wildverbiss. Diese könnten als Kovariablen in Modellen genutzt werden (vergl. Modul 4). Aber keine Angabe liegt für jede Inventur pro SP vor.

Die **aufgenommene SP-Fläche variierte** zwischen den Inventaren. Während in den Aufnahmen von LFI1, LFI2, LFI4, LFI5 feste Kreisradien verwendet wurden, passte sich der Radius in LFI3 einer abgeschätzten Pflanzendichte an. Die Horizontalradien betragen im LFI1 immer 3 m, im LFI2 je nach JW-Klasse 1 m (JW 10-39cm Baumhöhe) oder 2.12 m (JW 40-129 cm) und ab LFI4 dann 0.9 m (JW 10-39cm Baumhöhe), 1.5 m (JW 40-129 cm) bzw. 2.5 m (JW 0-3.9 cm BHD). Auf geneigtem Gelände wurde generell ein Kreis mit neigungskorrigiertem Radius aufgenommen. Die maximalen Kreisradien im LFI3 betragen horizontal 3 (JW 10-39cm Baumhöhe), 6 (für 40 cm Pflanzenhöhe bis 11.9 cm BHD) und geneigt 4 und 8 m.

Die **Zählung der Bäume** im SP wurde in allen Inventaren durchgeführt. Beim LFI1 wurde nach 30 gezählten Pflanzen der Wuchshöhe 30 cm bis 3.9 cm BHD abgebrochen und der Azimut der letzten gezählten Pflanze notiert, sodass der aufgenommene Kreissektor eindeutig bestimmt war. Bei der grössten JW-Klasse (4 – 11.9 cm BHD) und bei allen anderen Inventaren wurde der Vollkreis aufgenommen.

Ab dem LFI3 wurde zusätzlich das **nächste Bäumchen** zum SP-Zentrum je JW-Klasse bestimmt und detailliert erfasst. Im LFI3 wurde Verbiss nur an den nächsten Bäumen bis 129 cm Wuchshöhe aufgenommen, nicht aber bei der Zählung im SP. **Dabei wurden im LFI3 die Endtriebe des aktuellen Jahres (Trieb 0) sowie der letzten drei Jahre (Trieb 1-3) mit Angabe der Triebnummer auf den Verbiss geprüft. Dies unter der Annahme, dass nur ein Trieb pro Jahr ohne**

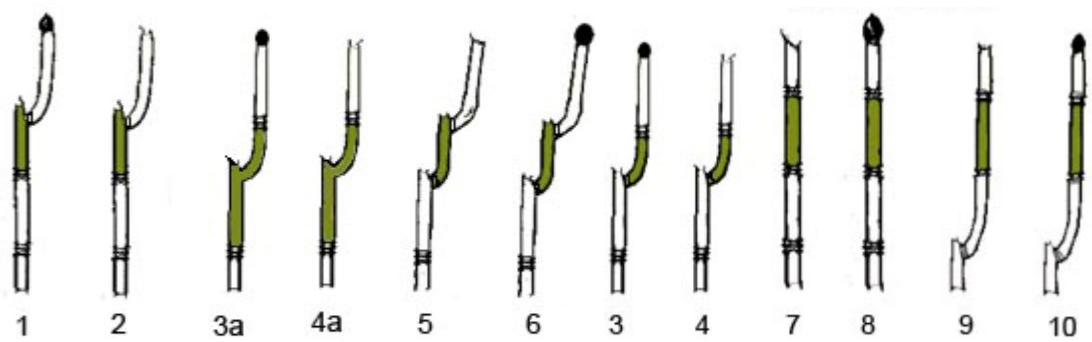
Zeitverzögerung gebildet wird. Ab LFI4 wurde nur noch der Vorjahrestrieb (Trieb 1) des nächsten Bäumchens begutachtet.

Die **Liste der aufzunehmenden Arten** spielt vor allem bei der Erfassung der nächsten Pflanze eine Rolle, da hier eine hinzukommende Art möglicherweise auf Kosten einer anderen Art erfasst wird (z.B. Straucharten im LFI4) und so die Stichprobengrösse der anderen Arten verkleinert. In der Zählung im SP wurde die Art dagegen zusätzlich zu den bestehenden Arten aufgenommen, so dass deren Anzahl unbeeinflusst bleibt. Die Gesamtstammzahl ändert sich aber auch bei der Zählung und diese Arten müssen bei einem Vergleich der LFI (auch des Verbisses) weggelassen werden. Die Artenlisten wurden jeweils angepasst bzw. erweitert, insbesondere mit Sträuchern wie der Haselnuss (vergl. detaillierter Schlussbericht zu Modul 1).

Bei der **Verbissaufnahme** wurde ein Bäumchen zwar in allen LFIs als verbissen eingestuft, wenn mindestens ein Trieb verbissen war, jedoch wurden die Endtriebe aus unterschiedlich Jahren bzw. unterschiedlich vielen Jahren pro Bäumchen aufgenommen (Abbildung 1).

Im **LFI1** wurde der Verbiss am jüngsten («aktuellen») Trieb aufgenommen. Das heisst je nach Saison der Erhebung wurde entweder der Vorjahrestrieb (Trieb 1 gemäss LFI3) oder der aktuelle Trieb (Trieb 0 gemäss LFI3) beurteilt. Da der Verbiss eine saisonale Variabilität aufweist, unterschätzen Beobachtungen nach dem Austrieb im Frühling die jährliche Verbissrate, hingegen Beobachtungen kurz vor dem Austrieb (Spätwinter) überschätzen sie (Schwyzer and Lanz 2010).

Für das **LFI2** wurde die Methode daher angepasst. Die Idee hinter der LFI2-Erhebung war, ein ganzes Jahr zu erfassen, d.h. den sommerlichen Verbiss mit der Reaktion des Baumes im selben Jahr einzubeziehen. Aus diesem Grund mussten zwei Knospennarben unter der obersten Knospe und alles dazwischen intakt sein, damit der Baum als nicht verbissen galt (Stierlin, et al. 1994). Untersucht wurde deshalb der «Vorjahrestrieb» (Trieb 1 gemäss LFI3) und entweder dessen Ersatztrieb oder gegebenenfalls der «Vorvorjahrestrieb» (Trieb 2 gemäss LFI3). Diese Methode berücksichtigt i) die Saisonalität des Verbisses besser als das LFI1 (Bachofen and Zingg 1988) und ii) ermöglicht es Laubbäumen, in denselben Jahren zu reagieren (d.h. 3a und 4a in Abbildung 1). Die jährliche Verbissintensität wurde mit dieser Methode jedoch in einigen Fällen überschätzt (Schwyzer and Lanz 2010), weil die Bilder 3 und 4 in Abbildung 1 nicht in der ursprünglichen LFI2-Anleitung (Stierlin, et al. 1994) enthalten waren. Auf den Zeichnungen 3 und 4 fand der Verbiss im vorletzten Jahr statt (Jahr n-2; siehe kleine Knospenschuppenarben). Wenn diese Bäume als 3a und 4a eingestuft wurden, wurden zwei Jahre ausgewertet (Schwyzer and Lanz 2010). In LFI2 wurde zudem Verbiss nur nachrangig aufgenommen, d.h. wenn die Pflanze nicht tot, gipfeldürr oder gefegt/geschält war.



LFI1	N	V	N	V	V	N	N	V	V	N	V	N
LFI2	V	V	V	V	V	V	N	N	N	N	N	N
LFI3_Trieb0	N	V	N	V	V	N	N	V	V	N	V	N
LFI3_Trieb1	V	V	N	N	V	V	N	N	N	N	N	N
LFI3_Trieb2	N	N	V	V	V	V	V	V	N	N	N	N
LFI3_Trieb3	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	V	V
LFI4 und LFI5	V	V	N	N	V	V	N	N	N	N	N	N

Abbildung 1: Unterschiedliche Bewertungsmethodik für den Verbiss in den vier LFI Perioden mit zehn Beispielbäumen. Das effektive Vorjahr ist grün eingefärbt. V = verbissen, N = nicht verbissen. Wichtig ist die in der Tabelle rot markierte Differenz zwischen LFI2 und LFI4. Quelle der Einzelbilder: (Schwyzer and Lanz 2010)

Ab dem LFI4 wird Verbiss bei allen Bäumchen von 10 – 130 cm Wuchshöhe am «Vorjahrestrieb» (Trieb 1 gemäss LFI3) aufgenommen. Für das LFI4 wurde, genau wie im LFI3, die Annahme getroffen, dass nur ein Trieb pro Jahr gebildet

wird und dass innerhalb eines Jahres nach dem Verbissereignis (aber nicht im selben Jahr) ein Ersatztrieb gebildet wird (Keller 2013). Daher wurden die Bäume 3 und 4 in Abbildung 1 eindeutig als gleich 3a und 4a und somit als nicht verbissen angesehen. **Da Laubbäume oft noch im selben Jahr auf Sommergebiss reagieren (Kupferschmid 2017), ist zu erwarten, dass mit der Methode des LFI2 mehr Bäume als verbissen bewertet wurden als mit der Methode des LFI4 (Abbildung 1).**

Es soll, infolge des zeitlichen Vergleiches, noch auf die **Saisonalität der Verbissaufnahme** eingegangen werden (vergl. Abbildung 2). Wird im Frühjahr die Erhebung gemacht, ist Trieb 0 (also die grün bzw. weiss (weil zu klein) ausgefüllten Triebe) das «Vorjahr», welches im LFI4 und LFI5 beurteilt werden sollte und es gibt kein «diesjähriger Trieb». Dabei ist die Länge des «Ersatztriebes» (vergl. Abb. 2c bis 2e) entscheidend. Ist diese sehr klein (egal ob 1 oder mehrjährig), also wie in Abb. 2f, d.h. deutlich kleiner als in Abb. 2c wo das verbissene Reststück und der Ersatztrieb ähnlich hoch sind, dann dürfte oft «verbissen» notiert werden, weil die kleine Reaktion nicht bemerkt wird oder als «Seitenzweig» angesehen wird. D.h. fälschlicherweise werden diese im Frühjahr als verbissen beurteilt, hingegen solche mit längeren Ersatztrieben (vergl. 2d) korrekt als nicht verbissen. Dies könnte zur Folge haben (und vergl. Modul 4), dass bei Frühlingsaufnahmen mehr Bäumchen als verbissen notiert werden als bei Sommer- oder Herbstaufnahmen. Dies ist insofern entscheidend, da die verschiedenen Regionen bzw. Vegetationshöhenstufen zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Jahr aufgenommen werden.

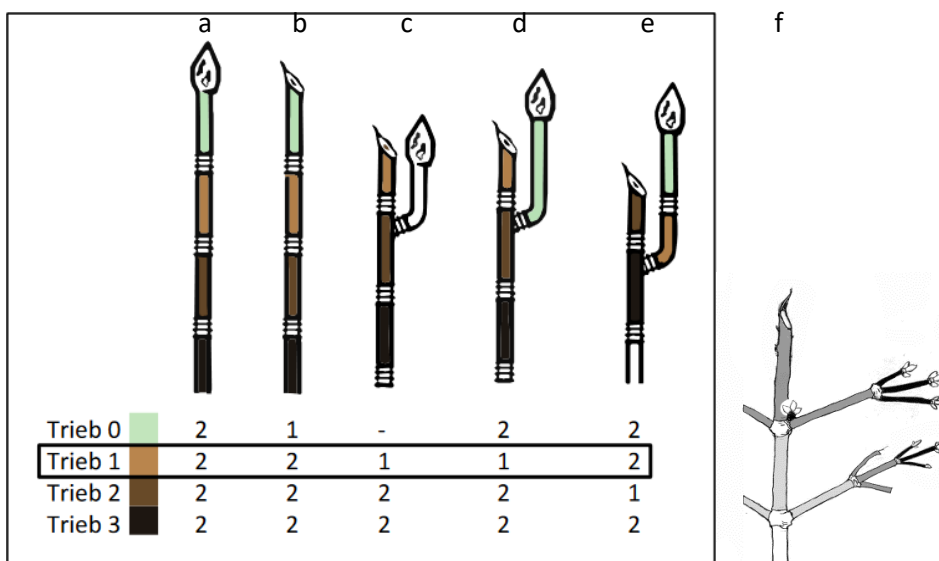


Abbildung 2: Verbissbeurteilung gemäss Bildern aus der LFI5 Anleitung (Düggelin, et al. 2020). Trieb 0 = «diesjähriger Trieb», Trieb 1 = «Vorjahrestrieb», Trieb 2 = Trieb vom vorletztem Jahr, Trieb 3 = Trieb vom vorvorletztem Jahr. 1 = verbissen, 2 = nicht verbissen. Notiert wird im LFI5 nach Austrieb aber nur der Verbiss am Trieb 1. Die Buchstaben a-e wurden von AK hinzugefügt, siehe Text. Rechts: Zeichnung des Falles c, wo Ersatztrieb noch extrem klein ist (Zeichnung A. Schwyzer).

Fazit Modul 1A

- Die Methoden zur Baumverjüngungsaufnahme im LFI1 unterscheidet sich zu stark vom LFI2, LFI4 und LFI5.
- Die Erhebungen im LFI3 am nächsten Baum sind zwar bezüglich Verbiss ähnlich wie im LFI4 und LFI5, jedoch wurde der Verbiss unabhängig der Baumart jeweils nur am nächsten Baum beurteilt, was bei einem selektiven Prozess wie dem Verbiss, keinen Vergleich über Regionen zulässt und infolge unterschiedlicher Artenlisten bzw. unterschiedlicher beurteilter Arten je Zeitpunkt auch keinen zeitlichen Verlauf des Verbisses je SP.
- Infolge der Überschätzung des Verbisses im LFI2 gegenüber LFI4 und LFI5 wird empfohlen keine Abnahme des Verbisses zwischen LFI2 und LFI4 zu interpretieren, also einseitige Test zu machen.
- Die zeitliche Entwicklung des Verbisses ab LFI4 inkl. LFI5 soll je Art oder klar definierten Artengruppen (in beiden Inventuren aufgenommene Arten) durchgeführt werden und nicht für die jeweils gesamthaft aufgenommene Verjüngung.
- Der Aufnahmezeitpunkt innerhalb des Jahres sollte als Kovariable in statistische Modelle des Verbisses integriert werden.
- Es sollte überprüft werden ob bei zukünftigen Inventuren eventuell notiert werden könnte, welche Baumarten (Baumartengruppen) auf der SP bereits einen «sichtbaren» Austrieb haben.

Modul 1B: Simulation der Effekte der LFI-Differenzen

Hier wurden Simulationen durchgeführt, um methodische Einflüsse der LFI-Erhebungsmethodenveränderungen von tatsächlichen Veränderungen in der Verjüngung- und Verbissituation abzutrennen. Ergeben z.B. alle methodischen Veränderungen einen tieferen Verbiss bei den Simulationen, der Verbiss selber hat aber zugenommen zwischen 2 Erhebungen, so kann auch von einer effektiven methodenbereinigten noch grösseren Zunahme des Verbisses ausgegangen werden. Umgekehrt kann bei einem gemessenen tieferen Verbiss nur mittels Abschätzungen der Effektgrössen auf eine methodenbereinigte Abnahme des effektiven Verbisses geschlossen werden.

Mittels der Software R wurden 1288 verschiedene «Wälder» generiert und darin PF angelegt. Die Wälder wurden so angelegt, dass die methodischen Differenzen der verschiedenen LFI bei möglichst unterschiedlichen Bedingungen (viel bis sehr wenig Verjüngung) aber auch realistischen Konditionen (Parametrisierung auf Basis der Jungwaldstammzahlen des LFI4b) getestet werden konnten. D.h. durch gezieltes Festlegen von unterschiedlichen Dichten und Verbissintensitäten wurde überprüft, ob gewisse Änderungen sich z.B. nur bei hohem Verbiss und wenig Verjüngung auswirken.

In diesen Wäldern wurden dann mit den «originalen» Methoden des LFI1 bis LFI5 künstlich die Verjüngung erhoben. Zusätzlich wurden die Methoden aber auch abgeändert um einzelne Veränderungen gezielt zu testen. So wurde z.B. geschaut, was eine Reduktion von 1 m Radius Vollkreis (LFI2) auf 0.9 m Radius (LFI4) bewirkt, was die Reduktion von 2 (LFI2) auf 1 (LFI4) Subplot bewirkt, was die Schaden-Hierarchie des Verbisses 1 (LFI4) vs. 4 (LFI2) bewirkt oder die Verbiss-Definition von Trieb 1 (LFI4) vs. Trieb 1 und 2 (LFI2) bewirkt.

Resultate:

LFI 1 ist bezüglich **Dichte je Baumart** nicht vergleichbar mit LFI 2, 4 und 5, infolge:

- Unterschiedlicher Lokalisation des SP (Zentrum statt 10 m West oder Ost)
- Abbruch nach 30 Bäumchen (statt Vollkreis)
- Unterschiedlicher Grenze der Baumgrösse (30 statt 10 oder 40 cm Baumhöhe).

→ Die methodischen Differenzen sind zu gross und zu “unterschiedlich” selbst für einseitige Tests.

LFI 3 überschätzt die Dichte je Baumart im Vergleich zum LFI2, 4 und 5. Damit sind einseitige Test möglich (LFI2 > LFI3, LFI4 > LFI3) aber für zeitliche Entwicklungen der Dichte von LFI 2 bis LFI 4/5 ist LFI3 auszuschliessen.

Die Simulationen zur Dichte ergaben, dass für grossflächige Analysen die Reduktion von 1 m Radius im LFI2 (3.1 m² SP) auf 0.9 m im LFI4 (2.5 m² SP) für die JW-Klasse 10-39 cm Baumhöhe ignoriert werden kann, auch wenn die Dichte in der Regel tendenziell etwas kleiner war mit dem 0.9 m Radius. Wird je SP die Dichte berechnet und davon Mediane etc. z.B. graphisch in Boxplots dargestellt, muss allerdings bedacht werden, dass 1 Bäumchen mit LFI2 Aufnahme 3183 Bäumchen je ha entsprechen, während dies 3930 Bäumchen pro ha mit LFI4-Methode für die JW-Klasse 10 bis 39 cm sind. Differenzen in dieser Grössenordnung sollten also nicht interpretiert werden. Die Reduktion von 2.12 m Radius (14.1 m² SP) im LFI2 auf 1.5 m Radius (7.1 m² SP) im LFI4 in der JW-Klasse 40-129 cm Baumhöhe hingegen sollte beachtet werden und nur einseitige Test durchgeführt werden, da 1 Baum im LFI2 708 Bäumen pro ha entsprechen, während dies im LFI4 1414 Bäumchen pro ha sind, also ziemlich genau das Doppelte. Es resultieren damit klar mehr Flächen mit Verjüngung im LFI2 als im LFI4. Eine Zunahme von PF ohne Verjüngung von LFI2 zu LFI4 sollte also erst als Zunahme interpretiert werden, wenn es mehr als doppelt so viele sind (auch wenn nur 1 SP statt 2 SP analysiert werden). Es werden deshalb separate Analysen der 2 JW-Klassen empfohlen. Fazit: **Dichten berechnet basierend auf LFI2 und LFI4/5 der JW-Klasse 10 bis 39 cm sind mit Vorsicht vergleichbar, sofern auf 1 SP im LFI2 reduziert wird (dieselbe wie im LFI4 bzw. LFI5).**

Folgerungen für die gesicherte Verjüngung (> 13 cm bis < 12 cm BHD):

- Weglassen der LFI3 Aufnahmen.
- 2 JW-Klassen (0 – 3.9 cm BHD und 4 – 11.9 cm BHD) unterscheiden und auf 1 SP je PF reduzieren.
- Weglassen der LFI1 JW-Klasse 0-3.9 cm BHD, da i) zusammen mit < 130 cm Baumhöhe und damit unterschätzt und ii) die SP von 28.3 m² keine einseitigen Tests der Dichte von LFI2 zu LFI4 zulassen.
- Einseitige Test, d.h. **nur Dichteabnahmen vom LFI2 zu LFI4 interpretieren**, da LFI4/5 je JW-Klasse eine bis 3.5-mal so grosse SP-Fläche (19 bzw. 50 m²) als im LFI2 (14 m²) aufnehmen und damit:
 - potenziell öfter Bäumchen und mehr Bäumchen,

- mehr Baumarten und
- wahrscheinlich grössere Dichte (nicht simuliert, aber vergl. Simulationen 0.9 m vs. 1 m Änderung der SP bei den Bäumchen 10 bis 39 cm),
- insbesondere weniger 0-inflated Dichte im LFI4/5, also weniger SP mit 0 Verjüngung einer Baumart, als im LFI2.

Bezüglich des **Verbisses** sind nur LFI2 und LFI4/5 Aufnahmen einigermaßen vergleichbar, also wird für zeitliche Entwicklungen dringend empfohlen die Perioden LFI1 und LFI3 wegzulassen. Sollte die Varianz des Verbisses interessieren, dann sollte auf 1 SP im LFI2 reduziert werden, ähnlich zur Dichte.

Der Differenz zwischen der LFI2 und LFI4 Aufnahme des Verbisses ist in verschiedener Hinsicht problematisch. Dies betrifft einerseits die Schaden-Hierarchie im LFI2. Es wird empfohlen die toten Bäumchen von Verbissanalysen auszuschliessen. Genauso wie es im LFI4 Bäumchen ohne Trieb 1 gibt (z.B. Keimlinge), welche keine Verjüngungsansprache besitzen (vergl. Merkmal «IPOPVERBANSP» = Population der Jungwaldpflanzen mit Verbissansprache = 0), sollten auch im LFI2 die gipfeldürr oder gefegt/geschälten Bäumchen von einer Verbissanalyse ausgeschlossen werden. Sie wurden nicht auf dieses Merkmal untersucht.

Der grösste Unterschied resultiert allerdings in der Verbissansprache der «abgebissenen Knospe des Triebes 1» (LFI4) vs. «zwischen 2 Knospenschuppennarben unverbissen» (LFI2). Die Differenz lag in den verschiedenen simulierten Wäldern in der Regel zwischen ca. 20-25% (vergl. Abbildung 3). **Deshalb wird empfohlen, einseitige Test für eine Zunahme des Verbisses zwischen LFI2 und LFI4 durchzuführen bzw. Abnahmen im Verbiss vom LFI2 zum LFI4 erst von grösser als 25% zu interpretieren.** Die Methoden per se konnten aber eine 5%ige Steigerung des Verbisses bzw. eine Verdoppelung recht gut wiedergeben (vergl. Abbildung 3).

Für statistische Modellierung wird empfohlen einerseits die Differenz von LFI2 zum LFI4-Beginn (Jahr 2009) einseitig zu testen mittels eines Faktors («lfi» in Modul 4) und separat ein zeitlicher Trend innerhalb des LFI4 (und gegebenenfalls LFI5) mit einer numerischen Variablen (vergl. year.lfi4 mit 0 bis 9 im Modul 4) zu testen. Dies wurde im Modul 4, sowie in der Analyse des Kantons Waadt (Kupferschmid, et al. 2022, Kupferschmid, et al. 2022) so umgesetzt.

Für weitere Resultate bezüglich der Simulationen der verschiedenen LFI-Methoden wird auf den detaillierten Schlussbericht zu Modul 1 verwiesen.

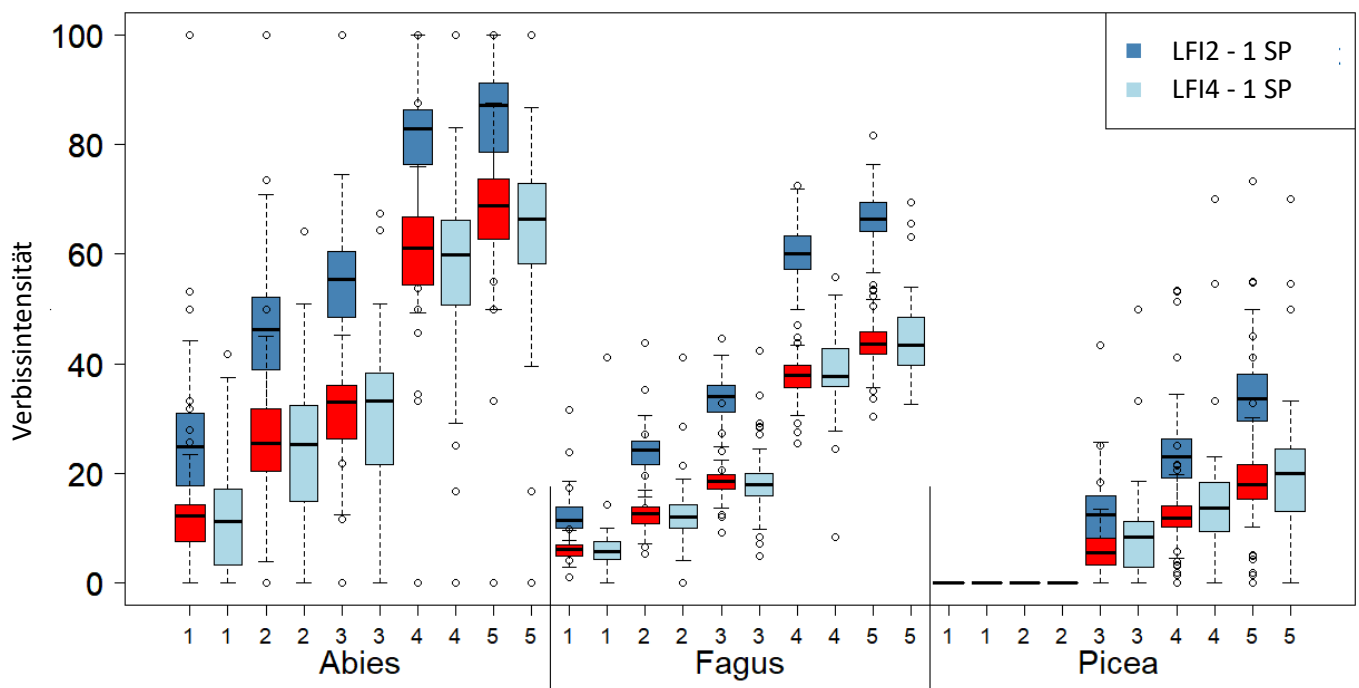


Abbildung 3: Resultate aller Wälder bezüglich Differenz der LFI2 vs. LFI4 Verbissansprache (Verbissintensität). Auf der x-Achse sind einerseits 3 unterschiedlich oft verbissene Baumarten (Artnamen) und andererseits 5 Verbisszenarien dargestellt, wobei die Differenz von Szenario 1 zu 2 und 3 zu 4 eine Verdoppelung des Verbisses im simulierten Wald beinhaltet, von Szenario 2 zu 3 und 4 zu 5 hingegen ein Anstieg um 5% simuliert wurde. Rot ist LFI2-Methode mit LFI4-Vorjahresverbissansprache.

Modul 2: Systemgrenzen im Wald-Wild Kontext

Systemgrenzen und die Grösse von Untersuchungsflächen sind sehr wichtig bei der Beurteilung des Verbisses, da kleinräumige Effekte des Wildes auf grösseren Ebenen ausgeglichen resp. verwischt werden. In Bezug auf Wald-Wild sind besonders die folgenden «Raumgrenzen» wichtig: i) Habitate der wildlebenden Huftiere, wobei diejenigen von Reh und Gams deutlich kleiner als diejenigen der Hirsche sind, weswegen die Kantone die Wildräume uneinheitlich ausscheiden (vergl. auch Modul 3). ii) Wildschongebiete bzw. kantonale und Eidg. Jagdbanngebiete, welche sich in ihrer Grösse stark unterscheiden. iii) Vegetationshöhenstufen aufgrund der abiotischen Faktoren, wobei in den Wildräumen meist verschiedene Vegetationszonen vorkommen und damit unterschiedliche Baumarten. iv) Managementeinheiten für die wildlebenden Huftiere, welche zwischen 1993 (LFI2 Beginn) bis heute in den meisten Kantonen geändert haben (z.B. Wildräume, Zählkreise, Jagdreviere etc.) und insbesondere zu Beginn an politische Grenzen und nicht an die Lebensräume der wildlebenden Huftiere orientiert waren. v) Managementeinheiten der forstlichen Bewirtschaftung, wobei die Massnahmen auf der Ebene der Bestände durchgeführt werden, welche in Forstrevieren und/oder Forstkreisen liegen. Diese Raumgrenzen sind von Natur aus sehr unterschiedlich und zudem wurden sie kantonal noch unterschiedlich angelegt bzw. definiert. Für schweizweite Analyse kann auf keine dieser Raumgrenzen zurückgegriffen werden. Aus meiner momentanen Optik gibt es keine «optimale» Ebene der Stratifizierung der Verjüngung für Wald-Wild Analysen, denn auch «einheitlich» definierte Wildräume beinhalten unterschiedliche Vegetationszonen und damit unterschiedliche Baumarten. Zudem würden viele davon «zu wenige» PF beinhalten.

Es wird deshalb empfohlen, bei Auswertungen für Kantone (vergl. VD, FR und SG-Projekte) auf deren oberste Wild-Managementeinheiten zurückzugreifen (vergl. z.B. «Zone de chasse»: Voralpen, Jura und Mittelland, im Kanton Waadt oder Mittelland und Voralpen im Kanton Freiburg) und verschiedene Kovariablen für die anderen Raumeinheiten in die statistischen Modelle zu integrieren (z.B. Entwicklungsstufen, NAIS-Höhenstufen oder die Meereshöhe). Die unterschiedlichen Informationen sollen dabei auf verschiedenen Skalen integriert werden, z.B. die Wildtierdichten auf der Ebene der Wild-Sektoren (Secteur de faune im VD), Wildräume oder Jagdrevieren, um damit möglichst lokale Unterschiede abzufangen. Die kleinsten Einheiten wie Jagdreviere, Reh-Wildräume, Zählkreise bzw. kleine Kantone, wie AI, AR etc., sind per se aber zu klein als Analyseeinheit.

Die wildlebenden Huftiere fressen sehr selektiv an den Bäumchen, so dass Baumarten spezifisch ausgewertet werden muss. Wird einfach die «Verjüngung» artunabhängig analysiert, werden «Äpfel» mit «Birnen» verglichen, da in den unterschiedlichen Regionen und Vegetationshöhenstufen die Artzusammensetzung anders ist und damit per se Unterschiede auftreten. Statt nach Baumarten oder Artengruppen (z.B. Eichen), können die Baumarten auch in «Beliebtheitsklassen» unterteilt werden, damit auch seltenere Baumarten integriert werden können (Kupferschmid, et al. 2022). Allerdings wird das Resultat dann klar von den häufigsten Baumarten dominiert.

Jede Aussageinheit muss eine genügende Anzahl bestockter Probeflächen je Baumart/Artengruppe und genügend auf Verbiss untersuchter Bäumchen je Baumart/Artengruppe aufweisen. Aussageeinheit sollen mindestens 50 bestockte PF je Baumart/Artengruppe enthalten, als Untereinheit innerhalb einer grösseren Aussageinheit mindestens 10 bestockte PF (also z.B. mindestens 10 je NAIS-Höhenstufen innerhalb der Voralpen und total mindestens 50 in den Voralpen). Die minimale Anzahl der auf Verbiss untersuchter Bäumchen sollte 100 je Baumart (bzw. Artengruppe oder «Beliebtheitsklasse») nicht unterschreiten. Bei einem Verbissanteil von 5% benötigt es ca. 100 Bäumchen, um eine 10% Zu- oder Abnahme statistisch nachzuweisen, bei 20% Verbissanteil 25 Bäumchen. Sollte z.B. als Verbiss-Index (vergl. Brändli 1995) der Verbiss an der rel. selten verbissenen Fichten untersucht werden, sind sehr viele Fichten nötig, um nur eine 10%ige Veränderung statistisch zu belegen.

Bei schweizweiten Analysen wurden im Rahmen des LFI bisher insbesondere Produktionsregionen, Wirtschaftsregionen, Schutzwaldregionen oder biogeografische Regionen verwendet. Hierbei ist besonders die unterschiedliche Abgrenzung von Jura und Mittelland in der Produktionsregion im Gegensatz zur biogeografischen Region zu beachten. Die Produktionsregion «Jura» und die Wirtschaftsregion «Jura West» reichen bis an den Genfersee runter und daraus resultiert für viele Arten eine Verfälschung der «effektiven» Vegetation des Jura-Bogens. Die LFI-Probeflächen in der betreffenden Region am Genfersee sind z.B. sehr reich an Eichen womit gegebenenfalls die Eiche häufiger im Jura als im Mittelland vorkommt (siehe Kupferschmid, et al. 2022). Dies ist in der biogeographischen Region «Jura» nicht der Fall. Es wird deshalb vorgeschlagen, als Basis die Schutzwaldregionen zu

verwenden, aber die biogeographische Region «Jura» abzutrennen und für das Mittelland mit seinen rel. vielen PF und viel Verjüngung in die Wirtschaftsregionen (oder ev. Mittelland West und Mitte zusammenzufassen) aufzusplitten. In Modul 4 wurden diese Regionen verwendet, aber der Kanton SH wurde zu Mittelland Ost genommen. Dies ergibt Regionen, welche alle > 500 PF aufweisen (Tabelle 1) und damit die Chance für 50 bestockte PF je Baumart (falls der bestockte Flächenanteil bei > 10% liegt).

Tabelle 1: Anzahl Probeflächen je «biogeographischer Schutzwald-Wirtschaftsregion» und den 4 zusammengefassten NAIS-Höhenstufen. Fett gedruckt sind diejenigen Einheiten in welchen es ≥ 50 Probeflächen gibt. Hier sind alle LFI-Probeflächen enthalten, bei welchen im LFI2 und im LFI4 derselbe Subplot aufgenommen wurde (total 5393).

	Jura	Mittelland West + Mitte	Mittelland Ost	Nordalpen West	Nordalpen Ost	Alpen Südost	Alpen Südwest	Alpen- südseite	Total
obersubalpin & subalpin	1	0	0	94	31	192	291	105	714
hochmontan	14	0	0	194	85	222	280	152	947
unter- und obermontan	676	145	144	580	439	46	68	181	2279
hyperinsubrisch bis submontan	229	454	404	57	38	51	13	207	1453
Total je Region	920	599	548	925	593	511	652	645	5393

Eine alleinige Trennung in die 6 NAIS-Höhenstufen (NAISHSTKOMB6KL) wird nicht empfohlen, da damit weder Ost-West Gefälle noch Nord-Süd Unterschiede analysiert werden können. Zudem haben einzelne Stufen rel. wenige PF. Es wird deshalb empfohlen, die 4 zusammengefassten NAIS-Höhenstufen «obersubalpin & subalpin», «hochmontan», «unter und obermontan» und «submontan bis kollin» zu berücksichtigen (Tabelle 1).

Die statistischen Modelle im Modul 4 wurden basierend auf den oben vorgeschlagenen «biogeographischen Schutzwald-Wirtschaftsregionen» und den 4 zusammengefassten NAIS-Höhenstufen gerechnet. Dabei ist aber immer zu beachten, dass trotz Zusammenfassung nicht in allen NAIS-Höhenstufen und Regionen genügend PF mit Verjüngung gewisser Arten vorliegen werden. Zum Beispiel kann der Verbiss an der Weisstannenverjüngung in 5 Regionen (Jura, Mittelland Ost, Mittelland West + Mittelland Mitte, Nordalpen Ost, Nordalpen West) mindestens auf der «unter- und obermontan» Höhenstufe, teilweise auch auf der «hyperinsubrisch bis submontan» Höhenstufen (Jura, Mittelland West + Mitte und Mittelland Ost) statistisch analysiert werden (Abbildung 1). Die statistischen Modelle scheinen aber bei der Weisstanne nicht sensitiv zu sein, ob die wenigen Probeflächen der Nordalpen Ost und Nordalpen West auf der «hyperinsubrisch bis submontanen» und der «hochmontanen» Höhenstufe inkludiert werden oder nicht (vergl. Modul 4, wo die Region aus dem besten Model der Tanne wegfällt).

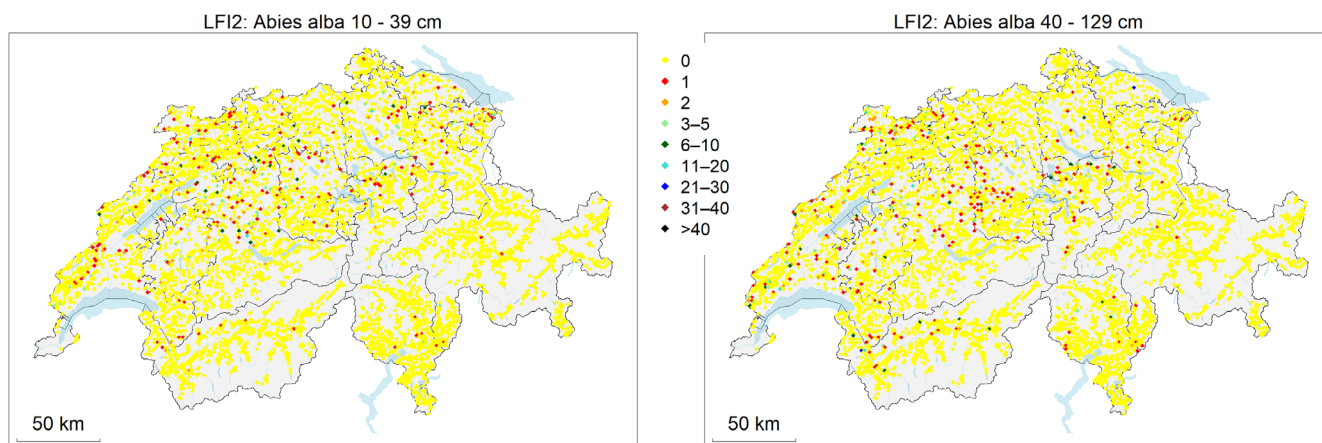


Abbildung 4: Vorkommen der Weisstannenverjüngung im LFI2 in dem Subplot, der im LFI2 und LFI4 aufgenommen wurden. Farbige ist die Anzahl Weisstannen je SP aufgetragen.

Modul 3: Dichteschätzung der wildlebenden Huftiere

Die Dichte und Zusammensetzung wildlebender Huftiere beeinflusst massgebend die Verbisshäufigkeit an der Baumverjüngung (Voser 1987, Welch, et al. 1991). Keine der drei wildlebenden Huftierarten kommt auf der gesamten Fläche der Schweiz vor und ihre Dichte unterscheidet sich räumlich stark. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wurden verschiedene Indexe vorgeschlagen. Brändli (1995) nutzte z.B. einen Index bei dem 1 Schalenwildeinheit 1 Hirsch oder 2 Rehen oder 3 Gämsen pro 100 ha entspricht. Motta (1996) definierte hingegen einen Ungulate Density Index (UDI pro 100 ha), bei welchem 1 Hirsch gleich gewichtet wird wie 4 Gämsen bzw. 5 Rehe. Egal welcher Index verwendet wird, dieser muss i) auf eine Fläche bezogen werden und ii) anhand Daten berechnet werden.

Brändli (1995) nutzte in seiner LFI1 Übersicht die Bestandesschätzung auf kantonaler Ebene aus der Eidgenössischen Jagdstatistik. Jedoch wurden diese i) je Kanton auf unterschiedlichste Art und Weise geschätzt und ii) unterschieden sich die Bestände der drei wildlebenden Huftierarten innerhalb der grossen Kantone sehr stark, vergl. insbesondere Bern und Waadt mit Jura, Mittelland und Voralpen/Alpen. Im Rahmen dieses Projektes wurden deshalb die Tierbestände auf einer kleineren räumlichen Skala bei allen Kantonen angefragt inkl. Aufnahmemethodik. Rund die Hälfte der Kantone lieferte Daten zu mindestens einer der drei wildlebenden Huftierarten. Die Schätzung der Bestände basierte aber auf sehr unterschiedlichen Datensätzen (Scheinwerfertaxationen, Ansitzzählungen, etc. oder teilweise auf Abschusszahlen inkl. Dunkelziffern) teilweise sogar mit unterschiedlicher Schätzung je Region (z.B. Kanton VD für die Gämse) und war meist nur für die Zeitspanne des LFI4 oder sogar nur Teile davon vorhanden. Diese Daten werden hier deshalb nicht genutzt, aber vergl. IMM-Projekt.

Dichteschätzungen mittels Verkehrsunfällen (analog zu Schätzungen im Süddeutschen, siehe Hothorn, et al. 2012) waren leider anhand der ASTRA Daten nicht möglich, da i) zu unterschiedlich je Kanton und ii) viele Kantone nur Tierunfälle mit verletzten Menschen dem ASTRA meldeten, insbesondere während den Zeitspannen des LFI1 und LFI2.

Kupferschmid et al. nutzten die Abschüsse und Fallwild je Jagdreviere (Kupferschmid, et al. 2020) oder je Secteur de faune (Kupferschmid, et al. 2022), was auch innerhalb von grösseren Kantonen (vergl. SG und VD) Analysen ermöglichte. Im Rahmen dieses Projektes lieferten, bis auf die drei kleinen (Halb-)Kantone GE, AI und BS, alle Kantone Daten zu Abschuss und Fallwild auf einer kleineren räumlichen Skala als der Kanton, meist waren dies Wildräume, Zählkreise oder Jagdreviere. Dabei mussten die Daten z.T. räumlich und z.T. zeitlich interpoliert oder extrapoliert werden. Es gab keinen Kanton, der einen einheitlichen Datensatz von 1983 bis 2017 geliefert hat (oft hatten sich die Grenzen der Jagdreviere verschoben, z.B. infolge von neuen Wildruhezonen). Bei einzelnen Kantonen gibt es noch immer Inkonsistenzen, welche vor einer wissenschaftlichen Publikation gelöst werden müssen. Aus diesen Daten wurden Dichten approximiert. Es wurden keine Dunkelziffern draufgeschlagen, sondern einfach die Werte durch die Fläche dividiert.

Abschusszahlen hängen aber einerseits vom Managementziel ab (Zunahme, Stabilisation oder Abnahme der Wilddichten), andererseits vom Erfolg der Jäger. Hinzu kommt, dass sich die Tierbestände unterschiedlich entwickeln, je nachdem ob männliche oder weibliche Tiere erlegt werden. In der Wald–Wild–Vollzugshilfe (Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg.) 2010) werden Geschlechterverhältnisse (GV: Anzahl männliche Tiere / Anzahl weibliche Tiere) angegeben zur Stabilisierung (ca. 1:1) bzw. Senkung der Bestände (1:>1.3). Anhand dieser GV wurde ein Faktor aus den Abschuss- und Fallwilddaten je Tierart berechnet (GV-Faktor). ("kein Abschuss", "viel Weibchen" (GV <0.5), "mehr Weibchen" (≥0.5 bis ≤0.75), ausgeglichen (> 0.75 bis ≤1), "mehr Männchen" (>1 bis ≤2), "viel Männchen" (> 2 bis ~).

Zusätzlich wurde – analog zu Kupferschmid et al. (2019) - eine «Huftierzusammensetzung» («ungulate composition») berechnet, welche angibt ob und wie viele Rothirsche und Gämsen im Vergleich zum Rehen vorhanden waren (0%, <5%, ≥5% der Rehdichte).

Modul 4: Analyse der Entwicklung des Verbisses in den letzten Jahrzehnten

Anhand der LFI Daten kann ein Anteil verbissener Bäume im Wald berechnet oder modelliert werden, nicht aber der effektive Wildeinfluss (vergl. Kupferschmid, et al. 2019). Es wurden verschiedenste logistische gemischte Regressionsmodelle (R Funktion `glmmTMB`, mit `binomial(link="logit")`) berechnet für verbissen (1) versus unverbissen (0). Dies wurde für die häufigen Baumarten separat gemacht oder zusammen und für einzelne Regionen oder mehrere Regionen zusammen. Als zufällige Variablen wurden verschiedene Kombinationen von Monat, Jahr und LFI-PF definiert (wobei nur die SP pro PF im LFI2 verwendet wurde, welche auch im LFI4 aufgenommen wurde). Die fixen Variablen wurden zuerst einzeln getestet bzw. bei Modellen mit verschiedenen Baumarten in Kombination mit der Variablen Baumart und gegen ein 0-Model mit nur zufälligen Variablen getestet. Die nicht korrelierten signifikanten Variablen wurden dann in ein maximales Model integriert. Von diesem wurden schrittweise die nicht signifikanten ($p < 0.01$) Variablen weggelassen bis zum besten Model. Anschliessend wurden noch einzelne Interaktion zwischen Variablen getestet.

Hier wird kurz das beste statistische Model für die Weisstanne und das beste Model für die 5 Arten Tanne, Fichte, Buche, Esche und Ahorn für die 5 bzw. 6 Regionen Jura, Mittelland Ost, Mittelland West + Mittelland Mitte, Nordalpen Ost und Nordalpen West vorgestellt.

Resultat für die Weisstanne:

Das beste logistische Model für den Verbiss beinhaltete den UDI, den Bodenvegetations-Deckungsgrad, den Reh- und den Gams-GV-Faktor als fixe Variablen, sowie die LFI-PF und den Aufnahmemonat geschachtelt im Aufnahmejahr als zufällige Variablen.

Dies bedeutet, dass **die Tanne sign. häufiger verbissen wurde, je höher der UDI, also die durch Abschuss und Fallwild approximierte Wilddichte, war**. Der Bodenvegetations-Deckungsgrad wurde in eine numerische Variable umgewandelt. Der Verbiss war tiefer, je höher der Bodenvegetations-Deckungsgrad war. An Orten mit mehr oder viel Abschüssen von männlichen Rehen wurde häufiger Verbiss angetroffen, an Orten mit Abschuss von mehr weiblichen Gämsen sign. weniger. LFI2 und LFI4 unterschieden sind nicht bezüglich des Verbisses an der Tanne, was methodenbereinigt sicher keine Abnahme des Verbisses bedeutet, sowohl zwischen LFI2 und Beginn LFI4, als auch innerhalb der LFI4 Periode.

Es ist noch festzuhalten, dass diese Effekte unverändert blieben, egal ob der Aufnahmemonat und das Aufnahmejahr nicht oder als zufällige Variablen oder als fixe numerische Variablen ins statistische Model integriert wurden. Die statistischen Modelle waren aber viel besser, wurde der Aufnahmemonat inkludiert. Der Verbiss war dabei höher bei kleinerer Monatsnummer, also im März, April. Dies deutet darauf hin, dass der Verbiss an einigen Bäumchen im Frühling gegenüber den Aufnahmen in der Vegetationszeit überschätzt wird (vergl. Modul 1A). Dies ist zu beachten bei weiteren Methoden Anpassungen.

Resultat für die 5 häufigste Baumarten:

Das beste logistische Model für den Verbiss beinhaltete die Baumart, den Unterschied zwischen LFI2 und dem Beginn des LFI4 («lfi», siehe Modul 1B), das Jahr innerhalb des LFI4 («year_lfi4», siehe Modul 1B), die Interaktionen Baumart * lfi und Baumart * year_lfi4, die JW-Klasse, die Meereshöhe, die Region, die Bestandesstruktur, die Entwicklungsstufe und die Reh-, Gams- und Hirsch- GV-Faktoren (siehe Modul 3) als fixe Variablen, sowie die LFI-PF und den Aufnahmemonat geschachtelt im Aufnahmejahr als zufällige Variablen. Die Bestandesstruktur wurde dabei zusammengefasst in «einschichtig», «mehrschichtig» und «stufig» (inkl. «Rottenstruktur»). Die Entwicklungsstufe wurde im LFI2 auf dem Verjüngungssatelliten beurteilt, im LFI4 im massgebenden Bestand. Es gelten dieselben Aussagen zum Aufnahmemonat wie bei den Modellen der Tanne.

Zwischen den Baumarten gab es grosse Unterschiede, wobei die Fichte und Buche weniger oft verbissen waren als die Weisstanne und die Esche. Am stärksten verbissen wurde der Ahorn. Das LFI2 hatte für die meisten Baumarten tendenziell weniger Verbiss als der Beginn des LFI4, hingegen «signifikant» weniger für Ahorn und Esche, Infolge der Überschätzung des Verbisses im LFI2 gegenüber dem LFI4 kann damit tendenziell von einer Zunahme des Verbisses bei Tanne und Buche ausgegangen werden. Die Abnahmen sind jedoch zu klein im Vergleich zur methodenbedingten Abnahme.

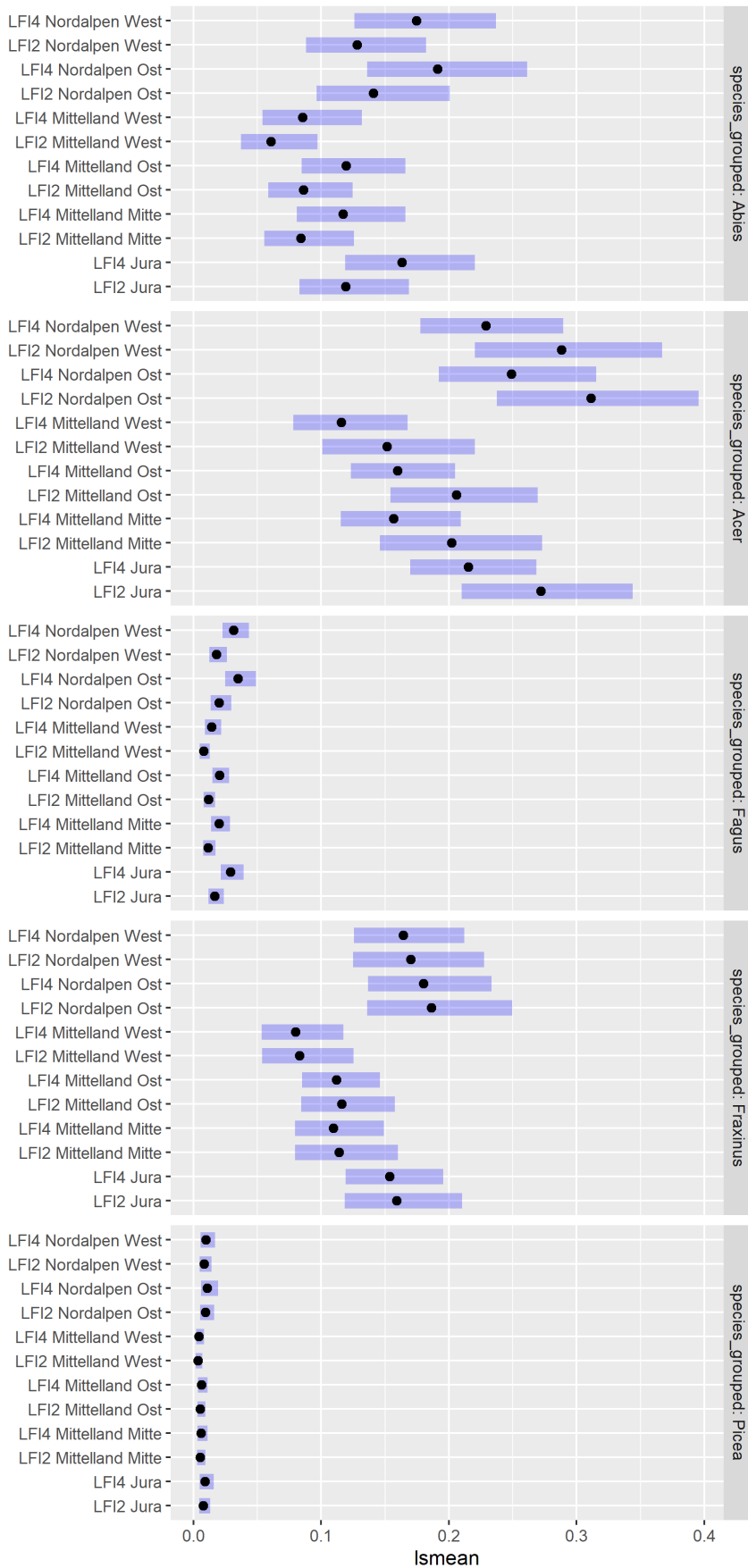


Abbildung 5: Least-squares means (auch predicted marginal means) eines vereinfachten Modelles für die 5 häufigsten Arten, wobei das logistische Modell für den Verbiss hier nur die Baumart, lfi, year_lfi4, die Interaktionen Baumart * lfi und Baumart * year_lfi4 und die Region als fixe Variablen, sowie die LFI-PF und den Aufnahmemonat geschachtelt im Aufnahmejahr als zufällige Variablen beinhaltete. Es gibt im besten Modell zu viele Kovariablen zur Berechnung der least-squares means.

Innerhalb des LFI4 nahm der Verbiss an der Esche signifikant ab ($p < 0.01$) und tendenziell auch beim Ahorn ($p < 0.05$). Hier zeigt sich also klar eine Abnahme des Verbisses über die Zeit. Bei Tanne und Buche war das Vorzeichen positiv, also eher mehr Verbiss, der Trend war aber nicht signifikant.

Je höher über Meer die PF lag, desto mehr Verbiss wurde festgestellt. Die JW-Klasse 40-129 cm Baumhöhe wurde sign. häufiger verbissen als die JW-Klasse 10 – 39 cm Baumhöhe. Mehrschichtige Baumbestände hatten weniger Verbiss, stufige hingegen tendenziell mehr Verbiss als einschichtige. Baumhölzer und die gemischten Baumbestände hatten sign. tieferen Verbiss als Dickungen und tendenziell als Stangenhölzer.

Die Geschlechterverhältnisse im Abschuss scheinen wichtig zu sein, wobei beim Reh der Verbiss weniger häufig war an Orten, wo kein Abschuss getätigt wurde (also das Reh praktisch abwesend war) und mehr an Orten wo mehr Weibchen erlegt wurden. Dies ist zuerst kontraintuitiv, doch wird wahrscheinlich an Orten mit mehr Verbiss das Ziel der Senkung des Rehbestandes «angestrebt» aber offenbar noch nicht erreicht. Bei der Gämse war der Verbiss sign. häufiger an Orten mit mehr oder viel Abschuss von Männchen, während genau das umgekehrte beim Hirsch gefunden wurde. Zu beachten gilt, dass Regionen mit sehr vielen Hirschen (GR und VS) gar nicht in die Analyse integriert waren. **Werden diese Geschlechterverhältnisse aus dem Model ausgeschlossen, so war der UDI hoch sign., mit häufigerem Verbiss je höher der Index. Auch die Huftierzusammensetzung war hoch signifikant, wobei Orte mit nur Reh deutlich tieferen Verbiss aufwiesen und solche mit >5% Gams und Hirsch deutlich mehr Verbiss hatten.** Der Schalenwildindex und die totale Dichte abgeschätzt durch Abschuss und Fallwild waren hingegen keine signifikanten Variablen.

Die Regionen Nordalpen Ost und Nordalpen West hatten je nach Art tendenziell oder sign. häufiger Verbiss als das Mittelland, speziell Mittelland West. Der Jura lag in der Regel dazwischen (Abbildung 5).

Diskussion

Die Aufnahmemethodik der LFI hat bezüglich Verjüngung und im speziellen bei der Definition des Verbisses jedes Mal bis zum LFI4 (aber vergl. auch Unterschiede in der Liste der aufzunehmenden Arten zwischen LFI4 und LFI5) geändert, was statistische Analysen der zeitlichen Entwicklung erschwert. Die Subplots sind sehr klein gewählt, so dass rel. viele Probeflächen ganz ohne Verjüngung sind oder nur wenige Arten aufweisen, so dass nur die aller häufigsten Baumarten statistisch ausgewertet werden können. Es gibt Hauptbaumarten, für welche gesamt-schweizerisch nicht die geforderte Mindestanzahl an bestockten Probeflächen bzw. Mindestanzahl an Bäumchen vorliegt. Dies betrifft insbesondere die Föhre, die Lärche, die Arve und die Kastanie. Es wird deshalb empfohlen, die Verjüngungserhebung im LFI6 so zu ergänzen, dass dieselben Flächen wie heute, aber zudem noch zusätzliche Flächen aufgenommen werden könnten. Eine mögliche Variante wäre das Anlegen zusätzlicher Subplots – analog LFI2 – oder gegebenenfalls nur, im Falle von keiner Baumverjüngung auf der «standardmässig» aufgenommenen SP-Fläche. Zu prüfen wären insbesondere zusätzliche SP je PF in den höheren Vegetationsstufen, da mit zunehmender Meereshöhe die abiotischen Verhältnisse eine flächige Verjüngung verhindern. Ebenso könnten die Verjüngungsaufnahmen in Zukunft auf Kreisen unterschiedlicher Grösse durchgeführt werden, also z.B. zuerst in einem Kreis mit 1.5 m Radius (LFI4: 40-130 cm Baumhöhe) und anschliessend in einem Kreis von 1.51 bis 2.12 m (Radius LFI2). Damit bliebe die Vergleichbarkeit mit LFI4 gegeben.

In den Regionen Alpen Südwest und Alpen Südost erreicht nur gerade die Fichte auf einzelnen Vegetationshöhenstufen die geforderte Minimalanzahl. Die Tanne in der Region Alpen Südwest erreicht zusammengezählt auf der untermontanen bis hochmontanen Vegetationshöhenstufen mehr als 100 Bäumchen der JW-Klasse 40-129 cm, aber gerade mal 21 Bäumchen in der JW-Klasse 10 bis 39 cm. In der Region Alpen Südost erreicht die Buche >100 Bäumchen, aber in total nur gerade 13 PF. Ähnliches gilt auch für die Esche in den Regionen Alpen Südwest und Alpen Südost und den Ahorn in der Region Alpen Südost. Dies bedeutet, dass statistische Analysen für diese zwei Regionen mittels LFI-Daten auf nur sehr wenigen PF und/oder wenigen Bäumchen beruhen, weswegen in den Resultaten zu Modul 4 diese Regionen nicht inkludiert wurden. In der Region Alpensüdseite kommt die Fichte insgesamt in knapp über 50 PF vor, aber verteilt auf die unterschiedlichen Vegetationshöhenstufen mit > 100 Bäumchen auf der subalpinen bis obersubalpinen und hochmontanen Stufe. Alle anderen Baumarten kommen in weniger als 50 PF vor, wobei für Buche auf der unter- und obermontanen Stufe und Esche auf der hyperinsubrisch bis submontanen Stufe je mehr als 100 Bäumchen aufgenommen wurden. Damit ist diese Region sehr heterogen bezüglich dem Artvorkommen.

Die Dichte der wildlebenden Huftiere approximiert durch die Anzahl erlegter Rehe, Gämsen und Hirsche und des Fallwildes erhöhte in allen beschriebenen statistischen Modellen den Verbiss signifikant. Die z.T. noch höhere Signifikanz der Variablen mit Geschlechterverhältnisse zeigt, dass nicht nur die Quantität, sondern auch die Qualität

des Abschusses eine Rolle spielen dürfte. Zur genaueren Interpretation der Ergebnisse sollen noch zusätzliche Test gerechnet werden, sobald alle räumlichen Inkonsistenzen im Ungulaten-Datensatz beseitigt sind.

Brändli (1995, 1996) hatte mittels Auswertungen des ersten Landesforstinventars (LFI1983/85) bedeutenden Verbiss vor allem in der Ostschweiz und im Gebirgswald der Schweiz festgestellt. Odermatt (2009) verwies auf zunehmenden Verbiss im Jura und auf der Alpensüdseite, während Kupferschmid et al (2015) weder in den LFI4b Daten noch in kantonalen erhobenen gutachtlichen Ansprachen regionale Unterschiede im Verbisseinfluss und in der Verbissintensität fanden. Es wurde vermutet, dass die Ausbreitung des Rothirsches von Frankreich nach Genf und Teilen des Jurabogens sowie von den Schweizer Voralpen ins Mittelland, nebst der generellen Zunahme der Rehdichten, eine plausible Erklärung dafür sein könnte. Die hier vorgestellten Resultate zeigen, dass der Verbiss an den häufigen Laubbaumarten sich offenbar «noch» regional unterscheidet, hingegen nicht an der Weisstanne.

Weiter ist festzuhalten, dass der Verbiss innerhalb der LFI4 Periode, also von 2009 bis 2017, an der Esche und speziell dem Ahorn abgenommen hat. Dieser Trend scheint sich im LFI5 fortzusetzen. Er ist auch bei anderen weniger häufigen Laubbaumarten vorhanden (vergl. Auswertungen zu Kanton Waadt, Kupferschmid, et al. 2022). Im Gegensatz dazu gibt es keine Anzeichen für einen solchen Trend bei der Tanne, weder gesamtschweizerisch noch regional. Bisher konnten keine Kovariablen identifiziert werden, die dies erklären könnten. Allerdings ist auffällig, dass in der Verbissinventur in der Region Kirchberg selbst auf wüchsigen Standorten die Tanne zeitlich verzögert auf den Verbiss reagierte (Angst und Kupferschmid 2023). Hält man sich die Aufnahmemethodik des LFI4 und LFI5 vor Augen (Abbildung 2) und das Resultat des Einflusses des Aufnahmemonates (Modul 4), so könnte eine häufiger auftretende verzögerte Reaktion nach dem Verbiss – z.B. infolge von Trockenheit und dunklen Waldbeständen – ein Grund hierfür sein. Es wird deshalb empfohlen, in zukünftigen LFI-Aufnahmen statt oder zusätzlich zum nächsten Bäumchen je JW-Klasse, eine bei den wildlebenden Huftieren beliebtere Baumart aufzunehmen und bei diesen zu notieren, ob diese zeitlich verzögert auf den Verbiss reagierte.

Literatur

- Angst, J.K. and Kupferschmid, A.D. 2023 Assessing browsing impact in beech forests: the importance of tree responses after browsing. *Diversity*, 15 (2), 262.
- Bachofen, H. and Zingg, A. 1988 Schweizerisches Landesforstinventar. Anleitung für die Erstaufnahme 1982-1986. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes.: Birmensdorf.
- Brändli, U.-B. 1995 Zur Verjüngungs- und Wildschadensituation im Gebirgswald der Schweiz. Regionale Ergebnisse des ersten Landesforstinventars (LFI) 1983/85. *Schweiz. Z. Forstwes.*, 146 (8), 355-378.
- Brändli, U.-B. Wildschäden in der Schweiz - Ergebnisse des ersten Landesforstinventars 1983-85. Eidg. Forschungsanstalt WSL, pp. 15-24.
- Brang, P. 1998 Early seedling establishment of *Picea abies* in small forest gaps in the Swiss Alps. *Can. J. For. Res.*, 28 (4), 626-639.
- Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg.). 2010 Vollzugshilfe Wald und Wild. Das integrale Management von Reh, Gämse, Rothirsch und ihrem Lebensraum. Umwelt-Vollzug Nr. 1012, pp. 245.
- Coté, S.D., Rooney, T.P., Tremblay, J.-P., Dussault, C. and Waller, D.M. 2004 Ecological impacts of deer overabundance. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 35, 113-147.
- Diwold, K., Stefan, D. and Dirnböck, T. 2010 Effect of nitrogen availability on forest understorey cover and its consequences for tree regeneration in the Austrian limestone Alps. *Plant Ecol.*, 209(1), 11-22.
- Düggelin, C., Abegg, M., Bischof, S., Brändli, U., Cioldi, F., Fischer, C. et al. 2020 Schweizerisches Landesforstinventar. Anleitung für die Felddaufnahmen der fünften Erhebung 2018–2026. WSL Berichte, Heft 90, 1-274.
- Gill, R.M.A. 1992 A review of damage by mammals in North Temperate forests: 3. Impact on trees and forests. *Forestry*, 65 (4), 363-388.
- Hester, A.J., Millard, P., Gordon, J., Wendler, B. and Wendler, R. 2004 How does timing of browsing affect above- and below-ground growth of *Betula pendula*, *Pinus sylvestris* and *Sorbus aucuparia*? *OIKOS*, 105 (3), 536-560.
- Hothorn, T., Brandl, R. and Müller, J. 2012 Large-scale model-based assessment of deer-vehicle collision risk. *PLoS ONE*, 7 (2), e29510.
- Keller, M. 2005 Schweizerisches Landesforstinventar, Anleitung für die Felddaufnahmen der Erhebung 2004-2007. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, pp. 393.
- Keller, M. 2013 Schweizerisches Landesforstinventar, Felddaufnahmeanleitung 2013. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, pp. 214.
- Stierlin, H.-R., Brändli, U.-B., Herold, A. and Zinggeler, J. 1994 Schweizerisches Landesforstinventar. Anleitung für die Felddaufnahmen der Erhebung 1993–1995. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft: Birmensdorf.
- Kupferschmid, A.D. 2017 Compensation capacity of Central European tree species in response to leader shoot browsing. In *Ungulates: evolution, diversity and ecology*. A. Menendez and N. Sands (eds.), Nova Science Publishers, Hauppauge, New York, USA, pp. 1-63.
- Kupferschmid, A.D., Georgin, A. and Willisch, C. 2023 Häufigkeit von Fege- und Schlagspuren in- und ausserhalb der Tageseinstände von Rothirschen im Berner Mittelland. *Schweiz. Z. Forstwes.*, 174 (5), 288-295.
- Kupferschmid, A.D., Seitz, L., Josi, J. and Hothorn, T. 2022 Assessment of ungulate effects on trees in the canton of Vaud: comparison of data from the Swiss NF12 and NF14 on ungulate browsing, fraying and bark stripping. *Swiss Federal Research Institute WSL, Birmensdorf*, p. 76.
- Kupferschmid, A.D., Josi, J. and Hothorn, T. 2022 Hitzeresistente Bäume leiden am ärgsten unter Wildverbiss. *WALD HOLZ*, 9, 18-22.
- Kupferschmid, A.D., Bütikofer, L., Hothorn, T., Schwyzer, A. and Brang, P. 2020 Ungulate species and abundance as well as environmental factors determine the probability of terminal shoot browsing on temperate forest trees. *Forests*, 11 (7), 764.
- Kupferschmid, A.D., Bütikofer, L., Hothorn, T., Schwyzer, A. and Brang, P. 2019 Quantifying the relative influence of terminal shoot browsing by ungulates on tree regeneration. *For. Ecol. Manage.*, 446, 331–344.
- Kupferschmid, A.D., Brang, P. and Bugmann, H. 2019 Abschätzung des Einflusses von Verbiss durch wildlebende Huftiere auf die Baumverjüngung. *Schweiz. Z. Forstwes.*, 170 (3), 125–134.
- Kupferschmid, A.D., Heiri, C., Huber, M., Fehr, M., Frei, M., Gmür, P. et al. 2015 Einfluss wildlebender Huftiere auf die Waldverjüngung: ein Überblick für die Schweiz. *Schweiz. Z. Forstwes.*, 166 (6), 420-431.

Motta, R. 1996 Impact of wild ungulates on forest regeneration and tree composition of mountain forests in Western Italian Alps. *Forest Ecology and Management*, 88, 93-98.

Odermatt, O. 2009 Ergebnisse aus Untersuchungen zum Wildtiereinfluss auf die Waldverjüngung in der Schweiz. *Schweiz. Z. Forstwes.*, 160 (10), 294-302.

Reimoser, F., Schodterer, H. and Reimoser, S. 2014 Erfassung und Beurteilung des Schalenwildeinflusses auf die Waldverjüngung – Vergleich verschiedener Methoden des Wildeinfluss-Monitorings ("WEM-Methodenvergleich"). BFW-Dokumentation. Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft. Wien, p. 177.

Schneider, M. 2017 Verbissnachweis mittels kriminaltechnologischer Methoden. Akademischer Jagdwirt, Universität für Bodenkultur.

Schwyzler, A. and Lanz, A. Verjüngungserhebung im schweizerischen Landesforstinventar. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten Sektion Forstliche Biometrie und Informatik (ed.). Die Grüne Reihe pp. 42-67.

Voser, P. 1987 Einflüsse hoher Rothirschbestände auf die Vegetation im Unterengadin und im Münstertal, Kanton Graubünden. Herausgegeben von der Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft zur wissenschaftlichen Erforschung des Nationalparks: Druck Lüdin AG Liestal, 78 p.

Welch, D., Staines, B.W., Scott, D., French, D.D. and Catt, D.C. 1991 Leader browsing by red and roe deer on young Sitka spruce trees in Western Scotland (UK): I. Damage rates and the influence of habitat factors. *Forestry*, 64 (1), 61-82.

Anhang 1A:

Tabelle A1: Vergleich der LFI-Erhebungen zur Zählung der Verjüngung in Verjüngungssatelliten unterschiedlicher Art. Im unteren Bereich sind Variablen welche die ganzen Verjüngungssatelliten betreffen. PFZ = Probeflächenzentrum, NB ist Verweis auf nächste Bäumchen Erhebung. Die Jungwald-Klassen sind hier wie folgt definiert: JW1 = 30-129 cm Baumhöhe, JW2 = 10-39 cm Baumhöhe, JW3 = 40-129 cm Baumhöhe, JW4 = 0 - 3.9 BHD. T = TRUE = aufgenommen, F = FALSE = nicht aufgenommen. Nachrangig = ng.

Jungwaldklasse	LFI1		LFI2			LFI3			LFI4			LFI5		
	JW1	JW4	JW2	JW3	JW4	JW2	JW3	JW4	JW2	JW3	JW4	JW2	JW3	JW4
Anzahl Subplots	1		2			2			1			1		
Lage Subplots	Zentrum der PF		10 m östlich und 10 m westlich vom PFZ			10 m östlich und 10 m westlich vom PFZ			10 m westlich, Ausnahme 10 m östlich vom PFZ			10 m westlich, Ausnahme 10 m östlich vom PFZ		
Kreissektoren	T (Abbruchazimut bei 30 Bäume <4cm BHD)		F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Vollkreis	T (aber evtl. Sektor)		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
fester Kreisradius	T (aber evtl. Sektor)		T	T	T	F	F	F	T	T	T	T	T	T
Radius horizontal	3.0 m (neigungskorrigiert)		1	2.12	2.12				0.9	1.5	2.5	0.9	1.5	2.5
bei Radius nach Dichte														
max. Radius hor.						3	6	6	NA			NA		
max. Radius neig.						4	8	8	NA			NA		
Loden einzeln	F	F	F	F	F	F	F	F	T	T	T	T	T	T
Hauptlode (höchste, dickste BHD 0-3.9)	F	F	F	F	F	F	F	F	T	T	T	T	T	T
nächste Lode	F	F	F	F	F	F	F	F	T	T	T	F	F	F
Verbiss	T	T	ng	ng	ng	F	F	F	T	T	F	T	T	F
Trieb 0	T	T	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Trieb 1	(T)	(T)	T	T	T	F	F	F	T	T	F	T	T	F
Trieb 2	F	F	T	T	T	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Trieb 3	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Info welche Knospe	F	F	F	F	F	F	F	F	T	T	F	T	T	F
andere Schäden	ng	ng	ng	ng	ng	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Verbiss in	1	1	4	4	4	F	F	F	1	1	1	1	1	1
Schadenhierarchie tot extra	T	T	F	F	F									
Subplots gleicher Bestand wie PFZ	F		T			T			T			T		
Radius Flächendaten			2.12			6			4			4		
Schaden Beschreibung	T		F			F			F			F		
Verjüngungsart	F		T			F (aber NB)			F (aber NB)			F (aber NB)		
Schutz	F		T			F (aber NB)			F (aber NB)			F (aber NB)		
Beschattung 0.4 m Höhe	F		F			T			T			F		
Beschattung 1.3 m Höhe	F		F			T			T			F		
Beschattung	F		F			T			F			F		
Lichtkronenrand														
Anteil nat. schwer bestockb. Fl.	F		F			T			T			T		
Ant. anthr. schwer bestockb. Fl.	F		F			T			T			T		
Flächenanteil	F		F			T			T			T		
Vegetationskonkurr. konkurr. Arten	F		F			T			T			T		
Bodentyp	F		F			T			T			F		
Deckung (%) gesamt, nach 3 Hauptarten: <130, >130	F		T			F			F			F		