

Entwicklung der Strukturindikatoren und Gehölzartenvielfalt im Schweizer Wald – Ergebnisse aus 30 Jahren Landesforstinventar LFI

Ein Auszug aus den Ergebnissen der vierten Erhebung (BRÄNDLI *et al.* 2020)

Meinrad Abegg, Urs-Beat Brändli und Christoph Düggelein

Eidg. Forschungsanstalt WSL, Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf, meinrad.abegg@wsl.ch

Der Schweizer Wald spielt für die Erhaltung der biologischen Vielfalt eine zentrale Rolle. Mehr als ein Drittel der bei uns vorkommenden Tiere und Pflanzen sind auf den Wald angewiesen. Die Ergebnisse des LFI4 zeigen, dass der Schweizer Wald ein relativ naturnahes Ökosystem ist. Die Baumarten- und die Strukturvielfalt haben weiter zugenommen, ebenso die dicken Bäume und besonders das Totholz, eine Lebensgrundlage für viele Waldarten. Im Gegensatz zum Mittelland sind die Wälder der Alpen und Alpensüdseite dichter geworden, was dort zur Folge haben kann, dass licht- und wärmeliebende Arten seltener werden. Auch sind viele Waldränder noch eintönig, auch wenn dort die Gehölzartenvielfalt und in geringerem Masse auch die Strukturvielfalt zugenommen haben. Zugenommen hat die Fläche der Waldreservate auf einen Anteil von 5,8 % der Schweizer Waldfläche nach LFI-Definition. Mächtige Bäume sind dort wie auch im übrigen Wald noch immer relativ selten.

Auf nationaler Ebene dient das LFI insbesondere auch dazu, naturschutzfachliche Probleme im Wald zu erkennen und den Erfolg von Massnahmen zu kontrollieren. Dabei werden alle Waldbestände beobachtet, um ein repräsentatives Bild zu erhalten. Das LFI liefert primär Informationen zur Struktur und zur Zusammensetzung und damit zur Qualität des Lebensraumes Wald. Die Artenvielfalt aus faunistischer oder floristischer Perspektive (z.B. Moose, Gefässpflanzen, Mollusken) wird im Wald wie auch in allen anderen Landschaftstypen mit dem BDM, dem Biodiversitätsmonitoring Schweiz (www.biodiversitymonitoring.ch), überwacht.

1 Baumartenvielfalt

- Von Natur aus würden in der Schweiz zu einem beträchtlichen Teil eher baumartenarme Buchen- und Fichtenwälder dominieren. Im heutigen, vom Mensch geprägten Wald herrschen Mischbestände vor. Reinbestände haben noch einen Anteil von 17 %.
- Probeflächen mit nur einer Baumart haben erneut abgenommen, seit

dem LFI3 um 2 %. Solche mit mehr als drei Arten haben um 6 % zugenommen.

- Die Anzahl Baum- und Straucharten pro Probefläche hat um 6 % zugenommen, im Mittelland sogar um 10 %. Doch die Stammzahl der ökologisch hochwertigen Gehölzarten hat um 5 % abgenommen.
- Trotz «Ulmensterben» blieb der Bestand an Bergulmen weiterhin unverändert. Jener der Esche ging dagegen vermutlich wegen des «Eschentriebsterbens» um 2 % zurück. Bei der seltenen Eibe ist die Stammzahl in der Verjüngung nochmals drastisch gesunken.
- Am Waldrand haben die Anzahl Gehölzarten und die Gehölzartenvielfalt zugenommen.

1.1 Gehölzartenzahl

Ein wichtiger Aspekt der Biodiversität ist die Artenzahl, im LFI jene der Baum- und Straucharten (Gehölzarten). Dabei wird unterschieden zwischen:

- Anzahl Baumarten in der Oberschicht
- Gehölzartenzahl
- Gehölzartenzahl im Baumbestand

Mit der **Anzahl Baumarten in der Oberschicht** wird der Baumbestand auf der Interpretationsfläche von 50 × 50 m Grösse beschrieben. Gezählt werden all jene Arten, die nach Schätzung der Feldteams einen Anteil am Kronendeckungsgrad von mindestens 5 % aufweisen. Der Anteil der Reinbestände beträgt im LFI4 nur 17 %. 48 % der Bestände weisen zwei oder drei Baumarten und 34 % mehr als drei Baumarten auf. Damit sind die Schweizer Waldbestände deutlich artenreicher als die Bestände im europäischen Durchschnitt mit entsprechenden Anteilen von 32 %, 50 % und 18 % (Forest Europe 2015).

Seit dem LFI3 (2004/06) haben auf den gemeinsamen Probeflächen (LFI3 und LFI4) die Reinbestände von 19 % auf 16 % und die Bestände mit zwei bis drei Arten von 53 % auf 48 % abgenommen. Bestände mit mehr als drei Arten haben demgegenüber von 26 % auf 34 % zugenommen. Dies zeigt sich hauptsächlich in den Regionen Jura, Mittelland und Voralpen.

Die kleinräumige Artenvielfalt wird seit dem LFI3 mit der **Gehölzartenzahl** beschrieben. Dabei werden auf der Probefläche von 200 m² Grösse alle Baum- und Straucharten gezählt, die mit mindestens einem Individuum ab 40 cm Höhe vertreten sind. Im Durchschnitt wurden im LFI4 rund sechs Arten pro Probefläche gefunden. Besonders artenreich sind erwartungsgemäss die Tieflagen: In der kollinen/submontanen Stufe wurden durchschnittlich mehr als doppelt so viele Gehölzarten registriert wie in der oberen Subalpinstufe. Dabei sind die Probeflächen in den tieferen Lagen auf der Alpensüdseite, auch bedingt durch den grossen Anteil natürlich saurer Böden, artenärmer als in der übrigen Schweiz. Seit dem LFI3 hat die Gehölzartenzahl gesamtschweizerisch um 6 %, in der kol-

Tab. 1. Probeflächen nach Anzahl Gehölzarten im Bestand und Inventur in %.
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI1/LFI2/LFI3/LFI4.

Anzahl Gehölzarten	LFI1		LFI2		LFI3		LFI4	
	%	±	%	±	%	±	%	±
0	4,8	0,3	4,3	0,3	3,7	0,3	3,1	0,2
1	28,5	0,6	26,8	0,6	26,2	0,6	25,7	0,6
2–3	51,6	0,7	53,0	0,7	53,5	0,7	53,7	0,7
über 3	15,1	0,5	15,9	0,5	16,6	0,5	17,5	0,5
Total	100		100		100		100	

linen/submontanen Stufe um 8 % und in der Region Mittelland um 10 % zugenommen.

Mit der **Gehölzartenzahl im Baumbestand** sind Vergleiche der vier bisherigen Inventuren möglich. Dabei handelt es sich um eine Teilmenge der Gehölzartenzahl auf der 200-m²-Probefläche, nämlich um jene Individuen, die einen BHD von mindestens 12 cm aufweisen. Der Anteil an Probeflächen mit nur einer Gehölzart über 12 cm BHD hat seit dem LFI1 (1983/85) stetig abgenommen. Entsprechend haben Mischbestände zugenommen (Tab.1). Seit dem LFI3 hat die Anzahl Probeflächen mit mehr als drei Arten um 6 % zugenommen, jene mit artreinen Bestockungen dagegen um 2 % abgenommen. Diese Abnahme ist vermutlich die Folge einer vermehrt naturnahen Waldbewirtschaftung.

1.2 Ausgewählte Baumarten

Was die Entwicklung einzelner ökologisch hochwertiger Arten betrifft, so zeigt sich, dass sich deren Stammzahlen sehr unterschiedlich verändert haben: Weiden –4 %, Birken +5 %, Erlen –9 %, einheimische Pappeln +6 %, Waldföhre –11 %, Eiche –7 %, Kastanie –6 %, Kirschbaum +12 % und Sorbus-Arten –1 %. Insgesamt hat die Stammzahl dieser Arten um 5 % abgenommen. Bei den gefährdeten und seltenen Baumarten weist die Bergulme im LFI4 trotz des Ulmensterbens keine signifikant andere Stammzahl als im LFI3 oder im LFI2 auf. Zwischen LFI1 und LFI2 hatte die Stammzahl dagegen noch um 30 % abgenommen. Die Esche, die derzeit unter dem Eschentriebsterben leidet, hat seit dem LFI3 um 2 % abgenommen. Bei der seltenen Eibe hat die Stammzahl der Bäume

ab 12 cm BHD um einen Viertel zugenommen, dagegen hat sie bei den Individuen mit einem BHD von 0,1 bis 11,9 cm um einen Viertel abgenommen. Es fand also lediglich eine Verlagerung von den dünnen zu den dickeren Durchmessern statt. Die verbissgefährdeten Individuen der Jungwaldklassen 10 bis 130 cm Höhe haben unter dem anhaltenden Wilddruck um 80 % abgenommen und sind massiv untervertreten (BRÄNDLI und IMESCH 2015; BRÄNDLI 2017).

Von besonderem Interesse sind Eichenwälder. Sie zählen zusammen mit den Auenwäldern zu den vogelartenreichsten Waldtypen (MÜLLER 1991). Keine Baumart wird von ähnlich vielen Insektenarten besiedelt wie die Eiche, was sich auch positiv auf die Avifauna auswirkt. Bestände, in denen die **Eichen** vorherrschen, sind heute in der Schweiz mit einem Anteil von 2 % (rund 24000 ha) relativ selten. Obschon die Anzahl Individuen abnahm, hat sich ihre Fläche seit dem LFI3 nicht verändert. Die Eichenpopulation ist einfach älter geworden.

1.3 Gehölzartenzahl und Gehölzartenvielfalt am Waldrand

Bei der Erfassung der Gehölzarten des Waldrandes wurde zwischen rund 130 einheimischen und fremdländischen Arten unterschieden. Im LFI4 wurden auf den 929 Taxationsstrecken, statistisch zufällig ausgewählten Waldrandabschnitten von 50 m Länge, zwischen 1 und 27 Gehölzarten festgestellt, im Durchschnitt 12 Arten. Waldränder sind als Saumbiotop in allen Höhenstufen von ökologischer Bedeutung (WERMELINGER *et al.* 2007; ZELLWEGER *et al.* 2013). In der Subalpinstufe ist der Übergang von Wald zu Freiland

in der Regel fließend, und Waldränder sind dort relativ selten, wie im LFI zu beobachten ist (BRÄNDLI und ULMER 1999). Deshalb, und weil Waldränder insbesondere in Tieflagen aufgewertet werden sollen (VON BÜREN *et al.* 1995; IMESCH *et al.* 2015), werden in der Folge nur Ergebnisse für die kolline/submontane und die montane Stufe dargestellt. Auf den gemeinsamen Probeflächen von LFI2, LFI3 und LFI4 sind das 647 Taxationsstrecken.

Rund 73 % dieser Waldrandstücke weisen mehr als zehn Gehölzarten auf, leicht mehr als im LFI3 mit 71 % und im LFI2 mit 69 %. Hervorgerufen werden diese Zunahmen durch Veränderungen in der montanen Stufe. In der kollinen/submontanen Stufe, wo den Waldrändern von Umweltverbänden und -behörden grosse Bedeutung beigemessen wird, bleibt die Situation bezüglich Gehölzartenzahl seit dem LFI2 unverändert, obschon dort häufiger gezielte Eingriffe zur Verbesserung der Waldrandstruktur vorgenommen werden.

2 Strukturvielfalt

- Lockere Wälder bieten Licht und Wärme für zahlreiche Pflanzen und Tiere. Im Mittelland sind die Wälder 5 % lichter, in den Alpen dagegen 5 % dichter und damit auch dunkler geworden.
- Die Anzahl der sehr dicken Bäume (Giganten) nimmt stetig zu und hat sich innert 30 Jahren mehr als verdoppelt.
- Insgesamt hat die Strukturvielfalt im Schweizer Wald deutlich zugenommen.
- Waldränder sind wichtige Lebensräume und haben in der Schweiz eine Gesamtlänge von 115000 km.
- Am Waldrand haben breite Strauchgürtel zugenommen. Der Anteil an Waldrändern mit geringer Strukturvielfalt hat innert 20 Jahren leicht abgenommen.

2.1 Schlussgrad, Lücken und Bestandesdichte

Lockere Waldstrukturen sind mit einem grossen Licht- und Wärmeangebot im Wald verbunden, einer Grund-

voraussetzung für das Vorkommen von zahlreichen Pflanzen und Tieren, insbesondere Insekten wie Ameisen, Tagfalter oder Käfer (BOLLMANN *et al.* 2009; SCHEIDEGGER *et al.* 2015; BRANG und BOLLIGER 2015). Lichte Bestände mit lockerem, räumigem oder aufgelöstem **Schlussgrad** – oftmals das Resultat früherer Waldweide oder der Kargheit des Standortes – sind besonders in der subalpinen Stufe verbreitet. Typisch für die Tieflagen sind dagegen gedrängt und normal geschlossene Wälder: In 69 % der Bestände der kollinen/submontanen Stufe ist das Kronendach so dicht, dass keine weiteren Baumkronen in der Oberschicht Platz fänden.

Auch **Bestandeslücken** werden im LFI erfasst, sofern sie im Kronendach eine Ausdehnung von 10 m × 10 m überschreiten. In Tieflagen sind Lücken dieser Grösse eher selten, in der oberen montanen und der subalpinen Stufe dagegen häufig. Seit der Erstaufnahme dieses Indikators im LFI2 haben die Lücken insgesamt geringfügig zugenommen, insbesondere die unbestockten Windwurf- und Schlagflächen.

Die Frage, ob das Lichtangebot im Wald zu- oder abgenommen hat, lässt sich mit objektiven Messgrössen wie dem **Bestandesdichteindex** (Stand Density Index, SDI) verlässlich beantworten. Der SDI wird aus der Stammzahl und dem Mitteldurchmesser berechnet (DANIEL und STERBA 1980) und ist, im Gegensatz zu anderen Dichtemassen, weitgehend unabhängig vom Standort, vom Bestandesalter und von der Baumart (BRÄNDLI und HEROLD 2001). Seit dem LFI3 hat der SDI im Schweizer Durchschnitt lediglich um 1 % zugenommen, während die Zunahme in der Inventurperiode davor noch 3 % betrug (BRÄNDLI *et al.* 2010). Generell lässt sich sagen, dass der SDI in den Tieflagen, wo der Wald intensiv(er) bewirtschaftet wurde, abgenommen und in den Hochlagen zugenommen hat, mit einem Maximum der Zunahme in der oberen Subalpinstufe, wo sich aufgelöste Bestockungen weiterhin langsam schliessen. Im Gegensatz dazu nahm der SDI auf der Alpensüdseite in allen Höhenstufen stark zu, was sicher auch an der generell tiefen Nutzungsdichte in dieser Region liegt.

2.2 Altbestände, Starkholz und Giganten

Alte Bestände und dicke Bäume bieten wichtige Lebensräume und sind von existenzieller Bedeutung für viele typische Waldarten (BÜTLER *et al.* 2013, BÜTLER *et al.* 2015, BÜTLER *et al.* 2020).

Im LFI4 beträgt der Anteil an über 120-jährigen Beständen, sogenannten **Altbeständen** im wirtschaftlichen Sinn, 19 %. Zu beachten gilt es zudem, dass auch mehr als ein Drittel der 25 % ungleichaltrigen Bestände ein dominantes Alter ($\text{Alter}_{\text{dom}}$) von mehr als 120 Jahren aufweist. In der Schweiz sind Bestände im Alter von über 160 Jahren überwiegend aus Fichten, Lärchen und Arven aufgebaut und besonders in Hochlagen zu finden, wo diese Arten natürlicherweise die Hauptverbreitung haben. Die grössten Konzentrationen solcher Altbestände befinden sich im Oberwallis und Engadin (BRÄNDLI *et al.* 2011).

Die ökologisch bedeutenden **Starkholzbestände** mit einem BHD_{dom} über 50 cm machen fast einen Drittel der Waldfläche aus. Auf den gemeinsamen Probeständen hat dieser Anteil seit dem LFI1 in allen Vegetationshöhenstufen kontinuierlich zugenommen, gesamthaft von 19 % auf 31 %. In der vergangenen Periode war die Zunahme aber deutlich kleiner als zuvor.

Giganten sind besonders mächtige Bäume, im LFI beispielsweise solche mit einem BHD von mehr als 80 cm. Giganten sind wertvolle Lebensräume für Arten, die sich langsam verbreiten (z.B. gewisse Flechten) und weisen oft Kleinlebensräume (Baummikrohabitate) wie Spalten, Höhlen und tote Äste auf. Die durchschnittliche Stammzahl der Giganten beträgt 1,9 Stück/ha. Sie hat sich seit dem LFI1 mehr als verdoppelt, sowohl insgesamt wie auch in allen Höhenstufen. Am grössten ist die Dichte von Giganten in der Subalpinstufe (2,7 Stück/ha), wo selten genutzte Wälder am häufigsten sind. Für die tiefer gelegenen Wälder sind die Werte deutlich geringer (1,6 bzw. 1,7 Stück/ha). In der kollinen/submontanen Stufe entfallen rund ein Drittel der Giganten auf mächtige Kastanien, die in (ehemaligen) Selven und Mittelwäldern der Alpensüdseite stehen. So findet man in dieser untersten Höhenstufe auf der Alpensüdseite 3,8 Stück/ha, im Mittel-

land noch 1,8 und in den übrigen Regionen nur zwischen 0,5 und 1,3. In den Schweizer Naturwaldreservaten (durchschnittlicher Datenstand 1996) betrug die durchschnittliche Gigantendichte im Buchenwald 1,4, im Nadelwald 3,6 und im übrigen Laubwald 4,5 Stück/ha (BRANG *et al.* 2011). Naturwaldreservate wiesen je nach Walddtyp rund eineinhalb- bis dreimal so viele Giganten wie der übrige Schweizer Wald gemäss LFI3 auf (HEIRI *et al.* 2012). In europäischen Urwäldern werden deutlich mehr Giganten festgestellt: In den serbischen montanen Buchenbeständen von Kukavica lagen die Werte zwischen 2 und 16 Stück/ha (LEIBUNDGUT 1982), im grössten europäischen Buchenurwald Uholka-Schyrokyj Luh in den ukrainischen Karpaten wurden durchschnittlich 10 Giganten/ha gefunden (COMMARMOT *et al.* 2013) und in einem slowakischen Fichten-Tannen-Buchenurwald lag die Gigantendichte bei 16 Stück/ha (NILSSON *et al.* 2002).

2.3 Strukturvielfalt des Bestandes

Die Strukturvielfalt nach LFI ist ein Modell zur ökologischen Bewertung eines Waldbestandes bezüglich einer wichtigen Komponente seiner Lebensraumqualität. Strukturreiche Waldbestände fördern die kleinräumige Dichte und Vielfalt von ökologischen Nischen und sind eine wichtige Basis für eine hohe Artenvielfalt. Und weil die Vogelwelt als guter Indikator für die gesamte Artenvielfalt gilt, standen im LFI bei der Entwicklung eines Modells zur Strukturvielfalt die speziellen Lebensraumansprüche gewisser Brutvogelarten im Vordergrund. Aber auch die Ansprüche bestimmter Insekten, Kleinsäuger und anderer Tierarten wurden berücksichtigt (BRÄNDLI 2001).

Die Strukturvielfalt nach LFI bezieht sich lediglich auf die Bestandesstruktur (Makrostruktur) und beruht auf folgenden Parametern: Entwicklungsstufe, Schlussgrad, vertikale Bestandesstruktur, Anteil Bäume mit BHD über 50 cm (Starkholzanteil), Beschädigungsgrad des Bestandes, Vorhandensein von Wald- oder Bestandesrändern, Art der Bestandeslücken, Deckungsgrad der Strauchschicht, Deckungsgrad der Beerensträucher, Vorkommen

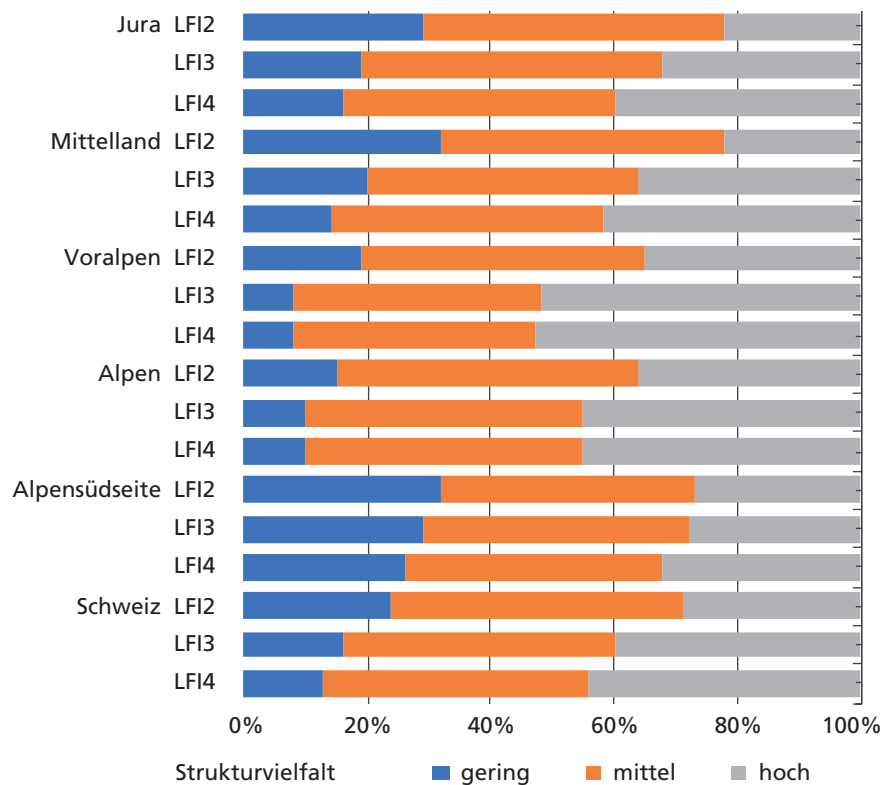


Abb. 1. Waldfläche nach Strukturvielfalt und Inventur in %. Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI2/LFI3/LFI4. LFI = Landesforstinventar

(Mindestvolumen) von Wurzelstöcken, liegendem Totholz, Dürreständen und Asthaufen (BRÄNDLI 2001). Nicht berücksichtigt sind Baummikrohabitate wie Spechtlöcher, Baumhöhlen und -risse, Pilzfruchtkörper, grosse dürre Äste oder Bewuchs durch Epiphyten. Solche Mikrohabitate werden erstmals im laufenden fünften LFI 2018/26 umfassend erhoben (QUARTERONI und BRÄNDLI 2017; DÜGGELIN 2020). Die Klassierung der berechneten Modellwerte in «gering», «mittel» und «hoch» erfolgte im LFI2 anhand von Expertenurteilen auf einem Teil der Probestellen. Eine «hohe» Strukturvielfalt entspricht etwa der oberen Hälfte des beobachteten Modellwertbereiches.

Rund 44 % der Schweizer Waldbestände weisen eine hohe Strukturvielfalt auf. Nur für 13 % ist sie gering. Besonders strukturreich sind die Bestände der Voralpen, gefolgt von jenen in der Region Alpen. Am strukturärmsten sind die Bestände der Alpensüdseite (Abb.1). Seit dem LFI3 hat die Strukturvielfalt weiter zugenommen. Der Anteil der Bestände mit grosser Strukturvielfalt ist von 40 % auf 44 % gestiegen. Da sich die Situation in den Alpen

und Voralpen nicht verändert hat, resultiert der positive Trend zur Hauptsache aus den Regionen Jura und Mittelland. Dort haben Bestände mit grosser Strukturvielfalt von 32 auf 40 % bzw. von 36 auf 42 % zugenommen und dies in einer Periode ohne grosse Naturereignisse wie der Orkan «Lothar». Die Gründe sind damit zur Hauptsache in der Art der Bewirtschaftung zu suchen. Die vorübergehend unbestockten Flächen (Schlag- und Schadenflächen) haben zwar abgenommen. Aber dank der forstlichen Eingriffe hat sich das Lichtangebot (Horizontalstruktur) im Mittelland und Jura nicht verschlechtert. Verbessert hat sich hier dagegen klar die Vertikalstruktur: Es gibt weniger einschichtige Bestände, mehr gemischte Entwicklungsstufen, eine ausgeprägtere Strauchschicht und mehr Bestandesinnenränder. Im Jura haben zudem die Starkholzbestände etwas zugenommen. Neben der Vertikalstruktur haben im Mittelland und im Jura auch die häufigeren Vorkommen von Ast- und Holzhaufen, Wurzelstöcken sowie liegendem Totholz zur Verbesserung des Indikators beigetragen.

2.4 Qualität der Waldränder

Mit zunehmender Höhenlage verliert der Wald an scharfen Konturen. Aus diesem Grund und weil Waldränder besonders in tieferen Lagen aufgewertet werden sollen, werden die Waldränder der Subalpinstufe in der folgenden qualitativen Analyse nicht näher betrachtet.

Einer der wichtigsten Indikatoren zur ökologischen Qualität des Waldrandes ist die gut messbare **Strauchgürtelbreite**. Der Strauchgürtel sollte nach Vorstellung des Naturschutzes idealerweise eine Breite von fünf bis zehn Metern aufweisen (VON BÜREN *et al.* 1995), was für etwa einen Fünftel der Waldränder zutrifft. Rund 38 % der Waldränder haben keinen Strauchgürtel. Im Mittelland, wo der Waldrandqualität die grösste Bedeutung zugemessen wird, liegt der entsprechende Anteil bei nur 18 %. Seit der Vorinventur hat sich die Situation verbessert: Breite Strauchgürtel ab fünf Meter wurden häufiger und Waldränder ohne Strauchgürtel haben abgenommen. Dies zeigt sich besonders im Mittelland, aber auch im Jura.

Für eine gesamtheitliche Beurteilung der Waldrandstruktur wurde im LFI der Indikator **Strukturvielfalt des Waldrandes** entwickelt. Er beruht auf den sechs LFI-Parametern Aufbau, Verlauf, Dichte, Mantelbreite, Strauchgürtelbreite und Krautsaumbreite. Die Gewichtung der Merkmale ist dabei auf eine grösstmögliche Stufigkeit, Verzahnung und Ausdehnung der Elemente ausgerichtet (BRÄNDLI 2001). Da der Krautsaum in einer der Inventuren nicht vergleichbar erhoben wurde, wird hier das Modell «Strukturvielfalt ohne Krautsaum» verwendet. Für die Klassierung wird der in den Erhebungen erreichte Wertebereich (5–21) in drei gleich breite Klassen (tief, mittel und hoch) eingeteilt. Dabei zeigt sich, dass sich die Strukturvielfalt in den 20 Jahren seit dem LFI2 tendenziell verbessert hat: Waldränder mit tiefer Strukturvielfalt haben von 36 % auf 33 % abgenommen. Vermutlich ist die Waldrandpflege eine der Ursachen für den Trend. Dies konnte bislang noch nicht mit LFI-Daten belegt werden. Der leicht höhere Anteil der Waldränder mit hoher Strukturvielfalt im LFI3 ist weitgehend durch methodische Differenzen bei der Erhebung der Waldmantelbreite bedingt.

3 Totholz

- Totes Holz ist die Lebensgrundlage für viele typische Waldarten. Das Volumen an liegendem und stehendem Totholz beträgt im Durchschnitt 24,2 m³/ha. Die gesamte Totholzmenge inklusive Holzerntereste und dünnem liegendem Totholz beläuft sich auf 34,3 m³/ha.
- Obschon der Schweizer Wald im europäischen Vergleich einen der höchsten Totholzwerte aufweist, sind nach dem heutigen Stand des Wissens im Jura und in weiten Teilen des Mittellands die erforderlichen Mengen zur Erhaltung der Artenvielfalt noch nicht erreicht.
- Seit dem LFI2 hat das Totholzvolumen, teils als Folge des Orkans Lothar, um 138 % zugenommen. Verbessert hat sich seit dem LFI3 auch die Totholzqualität: Die Anteile an dickem und stärker abgebautem Totholz haben zugenommen.

3.1 Volumen

Das Totholz wird im LFI mit zwei sich ergänzenden Methoden erhoben. In der ersten wird das Schaftholzvolumen der stehenden und liegenden toten Probebäume ab 12 cm BHD ermittelt, das sogenannte **«Totholzvolumen»**. Das Totholzvolumen dient für Vergleiche mit Sollwerten (Schwellenwerten) und internationalen Daten.

Die zweite Methode dient der Erhebung des mit der ersten Methode noch nicht erfassten liegenden Totholzes. Auf den Probeflächen werden hierfür drei Transekte angelegt, auf denen das übrige liegende Totholz ab 7 cm Durchmesser (LFI-Derbstholzgrenze) mit der Methode des «Line Intersect Sampling» (LIS) erfasst wird. Zusammen mit dem Totholzvolumen resultiert daraus die sogenannte **«Totholzmenge»**, die wesentlich grösser ist als das Totholzvolumen.

Das **Totholzvolumen** im Schweizer Wald beträgt rund 29 Mio. m³ oder 24,2 m³/ha, davon entfallen rund die Hälfte (11,8 m³/ha) auf stehende tote Bäume und Baumstümpfe, die sogenannten Dürrständer. Allerdings werden bei der Volumenberechnung des stehenden Totholzes im LFI4 Schaftbrüche nicht berücksichtigt, weil diese

in früheren Inventuren nicht vermessen wurden. Wird das stehende Totholzvolumen des LFI4 um das Volumen der abgebrochenen Schaftteile reduziert, ergeben sich noch 8,1 m³/ha und eine Zunahme beim liegenden Totholz, soweit die Schaftbrüche nicht genutzt wurden. Am meisten Totholz findet man in den westlichen Voralpen und Alpen, am wenigsten im östlichen und zentralen Mittelland. Im Jura und in weiten Teilen des Mittellandes sind die Sollwerte zur Waldpolitik 2020, trotz stetiger Zunahmen, noch nicht erreicht, in den übrigen Regionen dagegen im Durchschnitt schon. Das Totholz dürfte sich noch immer zu einem erheblichen Teil auf vom Orkan «Lothar» betroffene Gebiete konzentrieren, in anderen Gebieten dagegen fast fehlen. Im Erholungswald, wo das Risiko für die Erholungsuchenden minimiert wird, beträgt das Totholzvolumen 12 m³/ha, im Wald mit Vorrangfunktion Naturschutz dagegen 31 m³/ha. Auffallend ist das hohe Totholzvolumen von 30 m³/ha im Wald zum Schutz vor Naturgefahren. Dort wird das gefällte Holz zum Teil bewusst liegen gelassen, um eine Art temporäre Verbauung zu haben, bis die nachwachsenden Bäume die Schutzfunktion übernehmen können. In diesem Zusammenhang zeigt sich das grosse Potenzial von Schutzwäldern für die Erhaltung der Biodiversität.

Die **Totholzmenge** ist 42 % grösser als das Totholzvolumen und erreicht 34,3 m³/ha. Dieser grosse Unterschied erklärt sich durch den in bewirtschafteten Wäldern hohen Anteil Totholz mit

kleinen Durchmessern (LACHAT *et al.* 2014). Die Totholzmenge kommt der oberirdischen Totholzbiomasse schon recht nahe.

Vom Gesamtholzvolumen entfallen 6,5 % auf Totholz. Je nach Baumart und Klima variieren diese Anteile erheblich. In tieferen Lagen des Laubwaldgebietes wird das Totholz rascher biologisch abgebaut als im subalpinen Nadelwald. Deshalb, und bedingt durch die intensivere Nutzung der Tieflagenwälder, haben die Hauptbaumarten Ahorn und Buche die kleinsten Totholzanteile. Die Gründe für den Maximalwert bei der Kastanie liegen in der hohen Mortalität (Rindenkrebs), der Dauerhaftigkeit des Holzes und der seltenen Nutzung der Kastanienbestände auf der Alpensüdseite.

3.2 Veränderungen und Totholzqualität

Seit dem LFI2 hat das Totholzvolumen auf den gemeinsamen Probeflächen innert zweier Jahrzehnte von 10,8 auf 25,7 m³/ha, d.h. um 138 % zugenommen (Tab. 2). Besonders gross war die Zunahme nach dem Orkan Lothar zwischen LFI2 und LFI3. Die Zunahme zwischen LFI3 und LFI4 fiel deutlich geringer aus und zeigte sich vor allem beim liegenden Totholz, ein Indiz, dass die Waldbewirtschaftler geworfene Bäume vermehrt im Wald belassen.

Derzeit liegt der Durchschnittswert für Dürrständer auf den gemeinsamen Probeflächen bei 27 Stück/ha (Kluppschwelle 12 cm). Die Zahl der di-

Tab. 2. Totholzvolumen nach Baumzustand, Nadel- und Laubholz und Inventur in m³/ha. Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI2/LFI3/LFI4.

	Inventur	stehend		liegend		Total	
		m ³ /ha	± %	m ³ /ha	± %	m ³ /ha	± %
Nadelholz	LFI2	5,4	5	3,4	7	8,9	5
	LFI3	9,7	5	7,8	5	17,5	4
	LFI4	9,8	4	10,2	4	20,1	3
Laubholz	LFI2	1,4	7	0,6	11	2,0	6
	LFI3	2,4	6	1,8	8	4,2	5
	LFI4	2,7	6	2,9	6	5,6	4
Total	LFI2	6,8	4	4,0	6	10,8	4
	LFI3	12,1	4	9,7	4	21,7	3
	LFI4	12,6	4	13,1	4	25,7	3

cken Dürrständer ab 36 cm beträgt 3,3 Stück/ha. Sie hat sich in den 20 Jahren seit dem LFI2 mehr als verdoppelt. In älteren Schweizer Waldreservaten liegen die entsprechenden Werte bei rund 4 Stück/ha im Buchenwald und Tannen-Buchenwald, im Fichtenwald bei 12 Stück/ha (HEIRI *et al.* 2012).

Im Durchschnitt von sechs untersuchten Reservaten betrugen die Volumenanteile beim liegenden Totholz für Frisch- und Hartholz 22 %, für Morschholz 25 %, für Moderholz 33 % und für Mulmholz 20 % (HERRMANN *et al.* 2012). Im LFI liegen die entsprechenden Basalflächenanteile bei 38 %, 33 %, 24 % und 5 %. Das Totholz im Schweizer Wald ist demnach deutlich «jünger» als in Reservaten. Allerdings zeigt sich, dass seit dem LFI3 nicht nur das Totholz insgesamt zugenommen hat, sondern auch die Mengen und Anteile von Morsch-, Moder- und Mulmholz.

4 Ungestörte Wälder

- Urwälder sind in der Schweiz äusserst selten, aber rund 20 % der Waldfläche wurde seit mehr als 50 Jahren nicht mehr forstlich bewirtschaftet.
- Rund 6 % der Waldfläche wurden seit mehr als 100 Jahren weder bewirtschaftet noch beweidet. Die Hälfte davon liegt ungestört fernab von Waldstrassen und Erholungsuchenden.

Die Natürlichkeit des Ökosystems Wald wird am Grad der Einflüsse und Störungen durch den Menschen gemessen, wobei der Waldbewirtschaftung wohl die gewichtigste Rolle zukommt. Je weiter zurück solche Eingriffe liegen, umso eher dürften die Wälder eine natürliche Struktur aufweisen. Das ist heute zunehmend auf der Alpensüdseite und in Hochlagen der Fall. Insgesamt 20 % der Bestände im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald haben letztmals vor mehr als 50 Jahren einen forstlichen Eingriff erfahren. Auf den gemeinsamen Probestflächen der bisherigen Inventuren beläuft sich dieser Anteil im LFI4 auf 18 %. Beim LFI1, drei Jahrzehnte zuvor, lag der Anteil noch bei knapp 13 %. Den grössten Anteil hat diese Art von solcherlei unge-

störten Wäldern auf der Alpensüdseite (56 %) gefolgt vom Wallis mit 39 %. Im intensiv bewirtschafteten östlichen und zentralen Mittelland sind die Anteile mit 1 bis 2 % dagegen sehr klein.

Als natürlich gelten die sogenannten **Naturwälder**, jene (ehemaligen) Kulturwälder, die aus Naturverjüngung hervorgegangen sind und sich über längere Zeit ohne Eingriffe des Menschen frei entwickeln (COMMARMOT und BRANG 2011). Im LFI werden alle Wälder, die seit mehr als 100 Jahren weder bewirtschaftet noch mit Vieh beweidet worden sind und zudem aus reiner Naturverjüngung entstanden sind und eine naturnahe Baumartenzusammensetzung haben, als Naturwälder betrachtet. Im LFI4 entsprechen 6 % der Waldfläche dieser Definition.

5 Geschützte Wälder

- 5,8 % der Schweizer Waldfläche nach LFI-Definition stehen als Waldreservate vertraglich unter Schutz, ein Fünftel mehr als fünf Jahre zuvor (4,8 %).
- Naturwaldreservate haben einen Anteil von 3,1 % an der Waldfläche und liegen zur Hälfte in den Alpen, hauptsächlich im Nationalpark. Sonderwaldreservate (2,7 %) sind über alle Höhenstufen verteilt.
- Die Hälfte der Bestände in Naturwaldreservaten wurde vor weniger als 50 Jahren ausgeschieden und bis dahin bewirtschaftet. Dementsprechend ist die Anzahl Giganten kaum höher als im übrigen Wald, wohl aber das Totholzvolumen.
- Bestände in Sonderwaldreservaten sind etwas weniger dicht und reicher an Gehölzarten, aber auch an eingeführten Baumarten, als Naturwaldreservate und der übrige Wald.
- In der Gesamtbilanz zeigt sich: Waldreservate haben einen höheren Anteil an hochwertigen Biotopen als der übrige Wald.

5.1 Waldreservatstypen

Geschützte Wälder werden in der Schweiz als Waldreservate bezeichnet, wobei zwischen den beiden Typen «Naturwald-» und «Sonderwaldreservat»

unterschieden wird. Der Wald in Naturwaldreservaten wird ganz sich selber überlassen, damit er sich natürlich entwickeln kann (Prozessschutz). Forstliche Bewirtschaftung ist untersagt (BRANG *et al.* 2011). In Sonderwaldreservaten werden dagegen mit gezielten Eingriffen Lebensräume für gefährdete Pflanzen und Tiere geschaffen und aufgewertet (BOLLMANN *et al.* 2009). Im Jahr 2012 nahmen die Waldreservate insgesamt eine Fläche von rund 58000 ha ein, was damals 4,8 % der Schweizer Waldfläche entsprach (BRANG und BOLLIGER 2015). Die Ziele waren somit zur Hälfte erreicht.

Heute liegen die Perimeter der Waldreservatgebiete in digitaler Form vor (Stand 2016) und können mit dem Stichprobennetz des LFI verschnitten werden. Von der Waldfläche gemäss LFI4 liegen 41400 ha (3,1 %) in Naturwald- und 34900 ha (2,7 %) in Sonderwaldreservaten. Somit sind mittlerweile 5,8 % der aktuellen Waldfläche nach LFI-Definition Reservate, deutlich mehr als noch 2012.

Fast die Hälfte der Fläche der Naturwaldreservate entfällt auf die Region Alpen, zur Hauptsache auf den Nationalpark. Entsprechend haben sie ihren Schwerpunkt in der Subalpinstufe. Sonderwaldreservate sind selten auf der Alpensüdseite und liegen zu ähnlichen Teilen in den übrigen Regionen und gleichmässig verteilt über die Höhenstufen. Für beide Reservatstypen zusammen zeigt sich, dass der Anteil der Reservate an der gesamten Waldfläche auf der Alpensüdseite mit 4,1 % am geringsten und im Jura mit 7,8 % am höchsten ist. Insgesamt am grössten ist der Reservatsanteil in der Subalpinstufe (8,2 %), am kleinsten in der Montanstufe (3,6 %). Der Flächenanteil des Gebüschwaldes beträgt bei Naturwaldreservaten 12 %, bei Sonderwaldreservaten 1 %.

Der Naturschutz ist aber nicht nur auf Reservate beschränkt: Nach Angabe der Revierförster ist der Naturschutz (inklusive Reservate) auf 9,1 % der Waldfläche das vorrangige Ziel (Vorrangfunktion), auf weiteren 1,7 % der Landschaftsschutz und auf 0,8 % der Wildschutz.

5.2 Waldreservate und übriger Wald im Vergleich

In den Waldreservaten werden unterschiedliche Ziele verfolgt. In Naturwaldreservaten besteht das Ziel darin, über natürliche Prozesse einen Naturwald zu erhalten, der letztlich mehr «Urwaldcharakter» aufweisen soll. Demgegenüber sollen in Sonderwaldreservaten mit spezifischen Eingriffen Waldstrukturen und Lebensräume für zumeist Licht und Wärme liebende gefährdete Tier- und Pflanzenarten geschaffen werden und erhalten bleiben. In Sonderwaldreservaten sind daher weniger dichte Wälder und auch eine grössere Gehölzartenvielfalt zu erwarten. In der Folge werden die Wälder in den beiden Reservattypen anhand von ausgewählten Kenngrössen (Indikatoren) mit dem übrigen Wald verglichen.

Die mittlere **Anzahl Gehölzarten** (Anzahl Baum- und Straucharten) auf den Probeflächen nimmt generell mit zunehmender Höhenlage ab. In der kollinen/submontanen Stufe ist sie in den Sonderwaldreservaten am höchsten und im übrigen Wald am tiefsten. Dank entsprechender Pflegemassnahmen ist die **Bestandesdichte** in Sonderwaldreservaten am geringsten. Eine geringere Bestandesdichte zeigt auch eine höhere Vielfalt an krautartigen Pflanzen an (BRÄNDLI *et al.* 2007; WOHLGEMUTH *et al.* 2008). Auch die **Strukturvielfalt** ist in Sonderwaldreservaten tendenziell grösser als in Naturwaldreservaten und im übrigen Wald. Demgegenüber ist die **Anzahl Giganten** in Naturwaldreservaten am höchsten. Während die Unterschiede zu den Sonderwaldreservaten deutlich sind, sind sie zum übrigen Wald relativ klein. Dies lässt sich damit erklären, dass die meisten Naturwaldreservate noch relativ jung sind. Schneller reagiert dagegen der Indikator **Totholzvolumen** auf eine Unterschutzstellung bzw. einen Nutzungsverzicht. In Naturwaldreservaten ist das Totholzvolumen fast doppelt so hoch wie im übrigen Wald, aber noch weit entfernt von Verhältnissen in Urwäldern. Auch in Sonderwaldreservaten, wo das Totholzvolumen derzeit nur wenig höher ist als im übrigen Wald, soll der Totholzanteil gezielt gefördert werden (BOLLIGER *et al.* 2012). Dass die Naturwaldreservate noch recht jung sind, zeigt sich

auch darin, dass flächenmässig nur die Hälfte davon seit **mehr als 50 Jahren nicht mehr genutzt** worden ist. In Reservaten erwartet man eigentlich keine **eingeführten Baumarten**. Umso mehr überrascht der Umstand, dass deren Anteil in Sonderwaldreservaten rund doppelt so hoch ist wie in Naturwaldreservaten und im übrigen Wald. Hervorgehoben wird dieser Unterschied durch drei Probeflächen mit Douglasien und Roteichen. Der Basalflächenanteil ist nämlich in allen drei Waldkategorien gering. Dass er in den Reservaten nicht tiefer ist als im übrigen Wald, kann daran liegen, dass einige Wälder noch nicht lange unter Schutz stehen und noch weit entfernt von Naturwäldern sind. Auch der **Anteil naturnaher Laub- und Nadelwälder** ist in vielen Reservaten kleiner, als Expertenmodelle für eine naturnahe Baumartemischung (BRÄNDLI 2001) vorgeben. Die Naturwaldreservate wie auch die Sonderwaldreservate sind aber naturnaher aufgebaut als der übrige Wald. Dagegen sind in Naturwaldreservaten fast alle **Bestände aus Naturverjüngung** entstanden. In den Sonderwaldreservaten und im übrigen Wald sind es je rund vier Fünftel. Zieht man alle Indikatoren zur Qualität der Waldlebensräume in Betracht und führt diese zu einem Indikator (Biotopwert) zusammen, so ist der Flächenanteil mit **hohem Biotopwert** in den Sonderwaldreservaten am grössten, dicht gefolgt von den Naturwaldreservaten und relativ deutlich vor dem übrigen Wald. Ob dies ein Effekt von Schutz bzw. gezielter Pflege ist, oder ob die Reservatwälder schon bei ihrer Festlegung höhere Biotopwerte hatten, lässt sich mit LFI-Daten nicht eruieren.

6 Literatur

- BOLLIGER M.; IMESCH N.; SCHNIDRIG R., 2012: Waldreservatspolitik der Schweiz: Zwischenbilanz und Perspektiven aus Sicht des Bundes (Essay). Schweiz. Z. Forstwes. 163: 199–209. doi: 10.3188/szf.2012.0199
- BOLLMANN, K.; BERGAMINI, A.; SENN-IRLET, B.; NOBIS, M.; DUELLI, P.; SCHEIDEGGER, C., 2009: Konzepte, Instrumente und Herausforderungen bei der Förderung der Biodiversität im Wald. Schweiz. Z. Forstwes. 160, 3: 53–67. doi: 10.3188/szf.2009.0053

- BRÄNDLI, U.-B., 2001: Nature Protection Function. In: BRASSEL, P.; LISCHKE, H. (eds) Swiss National Forest Inventory: Methods and Models of the Second Assessment. Birmensdorf, Swiss Federal Research Institute WSL. 265–282.
- BRÄNDLI, U.-B., 2017: Vorkommen der Eibe (*Taxus baccata*) in der Schweiz, Ergebnisse aus dem Landesforstinventar (LFI). Der Eibenfreund 23: 16–26.
- BRÄNDLI, U.-B.; ULMER, U., 1999: Naturschutz und Erholung. In: BRASSEL, P.; BRÄNDLI, U.-B. (Red.) Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der Zweitaufnahme 1993–1995. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern, Stuttgart, Wien, Haupt. 279–329.
- BRÄNDLI, U.-B.; HEROLD, A., 2001: Protection against Natural Hazards. In: BRASSEL, P.; LISCHKE, H. (eds) Swiss National Forest Inventory: Methods and Models of the Second Assessment. Birmensdorf, Swiss Federal Research Institute WSL. 231–253.
- BRANG, P.; BOLLIGER, M., 2015: Waldreservate. Ist Teil von Kapitel 4 Biodiversität. In: RIGLING, A., SCHAFFER, H.P. (Eds.) Waldbericht 2015. Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes. Bern, Bundesamt für Umwelt. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. 88–89.
- BRÄNDLI, U.-B.; IMESCH, N., 2015: Verjüngung. Ist Teil von Kapitel 4 Biodiversität. In: RIGLING, A., SCHAFFER, H.P. (Eds.) Waldbericht 2015. Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes. Bern, Bundesamt für Umwelt. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. 74–75.
- BRÄNDLI, U.-B.; BÜHLER, C.; ZANGGER, A., 2007: Waldindikatoren zur Artenvielfalt – Erkenntnisse aus LFI und BDM Schweiz. Schweiz. Z. Forstwes. 158, 8: 243–254.
- BRÄNDLI, U.-B.; ABEGG, M.; DUC, P.; GINZLER, C., 2010: Biologische Vielfalt. In: Brändli, U.-B. (Red.) Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004–2006. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. Bern, Bundesamt für Umwelt, BAFU. 187–228.
- BRÄNDLI, U.-B.; ABEGG, M.; BÜTLER, R., 2011: Lebensraum-Hotspots für saproxyliche Arten mittels LFI-Daten erkennen. Schweiz. Z. Forstwes. 162, 9: 312–325. doi: 10.3188/szf.2011.0312
- BRÄNDLI, U.-B.; ABEGG, M.; DÜGGELIN, C., 2020: Biologische Vielfalt. In: BRÄNDLI, U.-B.; ABEGG, M.; ALLGAIER LEUCH, B. (Red.) Schweizerisches Landesforstin-

- ventar. Ergebnisse der vierten Erhebung 2009–2017. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL; Bern, Bundesamt für Umwelt. 189–237.
- BRANG, P.; HEIRI, C.; BUGMANN, H. (Red.), 2011: Waldreservate. 50 Jahre natürliche Waldentwicklung in der Schweiz. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL; Zürich, ETH Zürich. Bern, Stuttgart, Wien, Haupt. 271 S.
- BÜTLER, R.; LACHAT, T.; KRUMM, F.; KRAUS, D.; LARRIEU, L., 2020: Habitatbäume kennen, schützen und fördern. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. Merkbl. Prax. 64.12 S.
- BÜTLER, R.; LACHAT, T.; LARRIEU, L.; PAILLET, Y., 2013: Habitatbäume: Schlüsselkomponenten der Waldbiodiversität. In: KRAUS, D.; KRUMM, F., (Hrsg.) Integrative Ansätze als Chance für die Erhaltung der Artenvielfalt in Wäldern. European Forest Institute, Freiburg i.Br. 86–94.
- BÜTLER, R.; BOLLIGER, M.; COMMARMOT, B., 2015: Die Suche nach altem Wald in der Schweiz. Schweiz. Z. Forstwes. 166, 2: 67–74. doi:10.3188/szf.2015.0067
- COMMARMOT, B.; BRANG, P., 2011: Was sind Naturwälder, was Urwälder? In: BRANG, P.; HEIRI, C.; BUGMANN, H., (Red.) Waldreservate. 50 Jahre natürliche Waldentwicklung in der Schweiz. WSL, Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL; Zürich, ETH Zürich. Bern, Stuttgart, Wien, Haupt. 12–25.
- COMMARMOT, B.; BRÄNDLI, U.-B.; HAMOR, F.; LAVNYI, V. (Red.) 2013: Inventory of the Largest Primeval Beech Forest in Europe. A Swiss-Ukrainian Scientific Adventure. Birmensdorf, Swiss Federal Research Institute WSL; L'viv, Ukrainian National Forestry University; Rakhiv, Carpathian Biosphere Reserve. 69 pp.
- DANIEL, W.; STERBA, H., 1980: Zur Ansprache der Bestandesdichte. Allg. Forstztg. 91: 155–157.
- DÜGGLIN, C. (Red.) 2020: Schweizerisches Landesforstinventar. Feldaufnahme-Anleitung 2020. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. WSL Ber. 90.
- Forest Europe 2015: FOREST EUROPE, State of Europe's Forests 2015. FOREST EUROPE, 2015.
- HEIRI, C.; BRÄNDLI, U.-B.; BUGMANN, H.; BRANG, P., 2012: Sind Naturwaldreservate naturnäher als der Schweizer Wald? Schweiz. Z. Forstwes. 163, 6: 210–221. doi: 10.3188/szf.2012.0210
- HERRMANN, S.; CONDER, M.; BRANG, P., 2012: Totholzvolumen und -qualität in ausgewählten Schweizer Naturwaldreservaten. Schweiz. Z. Forstwes. 163, 6: 222–231. doi: 10.3188/szf.2012.0222
- IMESCH, N.; STADLER, B.; BOLLIGER, M.; SCHNEIDER, O., 2015: Biodiversität im Wald: Ziele und Massnahmen. Vollzugshilfe zur Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt im Schweizer Wald. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1503: 186 S.
- LACHAT, T.; BRANG, P.; BOLLIGER, M.; BOLLMANN, K.; BRÄNDLI, U.-B.; BÜTLER, R.; HERRMANN, S.; SCHNEIDER, O.; WERMELINGER, B., 2014: Totholz im Wald. Entstehung, Bedeutung und Förderung. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. Merkbl. Prax. 52: 12 S.
- LEIBUNDGUT, H., 1982: Europäische Urwälder der Bergwaldstufe. Haupt, Bern und Stuttgart. 308 S.
- MÜLLER, W., 1991: Biotop-Pflege am Beispiel waldbewohnender Vogelarten. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. Forum für Wissen. 51–62.
- NILSSON, S.G.; NIKLASSON, M.; HEDIN, J.; ARONSSON, G.; GUTOWSKI, J.M.; LINDER, P.; LJUNGBERG, H.; MUKUSINSKI, G.; RANUS, T., 2002: Densities of large living and dead trees in old-growth temperate and boreal forests. For. Ecol. Manage. 161: 189–204.
- QUARTERONI, A.; BRÄNDLI, U., 2017: Les dendromicrohabitats dans l'Inventaire Forestier National suisse. Infoblatt Arbeitsgruppe Waldplanung und -management. 1: 10–14.
- SCHEIDEGGER, C.; STOFER, S.; SENN-IRLET, B., 2015: Gefährdete Arten. Ist Teil von Kapitel 4 Biodiversität. In: RIGLING, A., SCHAFER, H.P. (Eds.) Waldbericht 2015. Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes. Bern, Bundesamt für Umwelt. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 86–87.
- VON BÜREN, D.; DIEZ, C.; BADER, L.; BUDDE, A.; KAUFMANN, G., 1995: Waldrand – Artenreiches Grenzland. Basel, Schweizerischer Bund für Naturschutz, Basel. SBN-Merkblatt 14: 39 S.
- WERMELINGER, B.; FLÜCKIGER, P.; OBRIST, M.; DUELLI, P., 2007: Horizontal and vertical distribution of saproxylic beetles (Col., Buprestidae, Cerambycidae, Scolytidae) across sections of forest edges. J. Appl. Entomol. 131, 2: 104–114. doi: 10.1111/j.1439-0418.2006.01128.x
- WOHLGEMUTH, T.; MOSER, B.; BRÄNDLI, U.-B.; KULL, P.; SCHÜTZ, M., 2008: Diversity of forest plant species at the community and landscape scales in Switzerland. Plant Biosyst. 142, 3: 604–613.
- ZELLWEGER, F.; BRAUNISCH, V.; BALTENSWELER, A.; BOLLMANN, K., 2013: Remotely sensed forest structural complexity predicts multi species occurrence at the landscape scale. For. Ecol. Manage. 307: 303–312. doi: 10.1016/j.foreco.2013.07.023

Abstract

Development of structural indicators and woody species diversity in Swiss forests – findings of 30 years of Swiss National Forest Inventories

Forests play a central role for the conservation of biodiversity in Switzerland. More than a third of the local animal and plant species are dependent on forests. The results of the fourth national forest inventory (NFI4) indicate that the forests in Switzerland are relatively natural. The tree species and structural diversity has increased, as well as the number of large trees and especially deadwood, which serve as habitat for many forest related species. In contrary to the forests in the Plateau, forests in the Alps and the Southern Alps became denser. This possibly leads to a reduction of light- and thermophilic species. Furthermore, many forest edges are monotonous, even though their richness in woody species and structural diversity has increased. The area of forest reserves has increased to 5,8 % of the forest area in Switzerland according to the NFI definition. There, huge trees are relatively rare, similarly to the rest of the forest.

Keywords: Biodiversity, forest inventory, Switzerland, deadwood, forest reserves, structural diversity, forest edge.