

Sind Naturwaldreservate naturnäher als der Schweizer Wald?

Caroline Heiri

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (CH)*

Urs-Beat Brändli

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (CH)

Harald Bugmann

Waldökologie, Institut für terrestrische Ökosysteme, ETH Zürich (CH)

Peter Brang

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (CH)

Do strict forest reserves feature more naturalness than the Swiss forest?

In natural forest reserves (NFR), forests develop in the absence of direct human interference, primarily management. This increases their naturalness and should – in the long run – allow forests to regain primeval attributes. Based on stand structural data from the third National Forest Inventory (NFI) and 25 NFR in Switzerland, we investigate 1) whether NFR feature more naturalness than managed forests, 2) whether the naturalness of Swiss forests increases with the time elapsed since the cessation of management, and 3) to what extent NFR differ from Swiss forests that have not been managed during several decades. Thereby, we focus on the four main forest types beech, silver fir-beech, silver fir-Norway spruce and Norway spruce forests, and furthermore group the data according to the time since the last intervention (0–20, 21–50 and > 50 years.). The structural features investigated differ only slightly between NFR and managed forest (0–20 years). NFR feature a higher abundance of “giant” trees (dbh \geq 80 cm), higher stem numbers and greater basal area, and thus a higher growing stock. The abundance of snags, however, is indistinguishable between the two types of forests. Naturalness in Swiss forests increases only slightly with time since the last intervention, indicated by a higher abundance of small snags and a slightly higher number of giant trees. By contrast, clear differences can be seen between NFR in which no intervention has taken place for at least 50 years, and other forests abandoned for a similarly long time, with NFR showing lower stem numbers, greater basal area and higher numbers of giant trees. Many of the investigated reserves are still affected by former management and are – from the point of view of primeval forest dynamics – still quite “young”. According to their naturalness, the NFR range between managed and primeval forests, although to date they are still closer to the former. Nevertheless, the differences found in our study indicate a steady development of the NFR towards stand structures that are characteristic of primeval forests.

Keywords: forest reserves, naturalness, managed forests, stand structure

doi: 10.3188/szf.2012.0210

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

Im Rahmen der Strategie «Waldbiodiversität» unterstützt der Bund seit 1991 die Schaffung von Naturwaldreservaten (NWR) als Instrument zur Förderung der biologischen Vielfalt, damit sich einige Wälder ohne direkte Einwirkung des Menschen entwickeln können (Prozessschutz; Projektleitung WAP-CH & BHP Brugger 2004). Diese Flächen sollen über Jahrzehnte Urwäldern wieder ähnlich werden. In der Waldpolitik 2020 (BBl 2011 8731) wurden diese Ziele bestätigt. Der Bund und die Kantone arbeiten auf diese Ziele hin, indem sie die Ausscheidung und vertragliche Sicherung von Waldreservaten finanziell unterstützen. So entrichtete alleine der Bund von 2008 bis 2011 über 40 Mio. Schweizer Franken an Waldbesitzer zur Förderung der biologischen Vielfalt im Wald,¹ wovon ein Viertel für die Schaffung von Waldreservaten eingesetzt wurde. Doch bestehen tatsächlich Unterschiede zwischen NWR und bewirtschafteten Wäldern, insbesondere in Anbe-

tracht der langen Tradition des naturnahen Waldbaus in der Schweiz? Von welcher Art sind diese Unterschiede? Die grosse gesellschaftliche Bedeutung der Biodiversität und die beträchtlichen eingesetzten Mittel der öffentlichen Haushalte legen es nahe, diese Unterschiede im Sinn einer Wirkungskontrolle vertieft zu untersuchen. Zudem hilft die Kenntnis dieser Unterschiede, auch in bewirtschafteten Wäldern Strukturen und Prozesse der natürlichen Waldentwicklung zu identifizieren und zu fördern.

Für die Beantwortung der oben gestellten Fragen sind Daten aus bewirtschafteten Wäldern und Naturwaldreservaten nötig. Für bewirtschaftete Wälder, darunter auch seit Längerem nicht mehr genutzte, liefert das Schweizerische Landesforstinventar (LFI) eine Fülle von Kennzahlen (Brändli 2010).

¹ www.bafu.admin.ch/wald/01152/01163/01164/index.html?lang=de; Rubrikfiche «Wald» vom 4.8.2011 (21.4.2012)

Ein Teil dieser Kennzahlen ist auch für Schweizer NWR verfügbar, die seit 1955 im Rahmen der Reservatsforschung der ETH Zürich – seit 2007 in einer Kooperation zwischen ETH und Eidgenössischer Forschungsanstalt WSL – untersucht werden (Bugmann et al 2011).

Im vorliegenden Aufsatz vergleichen wir Kennzahlen zur Bestandesstruktur und Habitatqualität zwischen seit mindestens 20 Jahren unbewirtschafteten NWR und unterschiedlich intensiv genutzten Straten des Schweizer Waldes. Wir fokussieren dabei auf Kennzahlen, die sich mit zunehmender Naturnähe (sensu Grabherr et al 1998) verändern dürften und welche in beiden Datensätzen vorliegen. Bezüglich der Bestandesstruktur wählen wir Stammzahlen und Bestandesgrundflächen, die sich zwischen Waldentwicklungsphasen unterscheiden (Heiri et al 2011). Bezüglich Habitatqualität betrachten wir die Dichte von «Giganten» (dicken Bäumen) sowie die Stammzahl und die Grundfläche des stehenden Totholzes, alles erfolgreich verwendete Indikatoren der Naturnähe (Christensen et al 2005, McElhinny et al

2005, Oheimb et al 2005, Brändli et al 2010, Brändli et al 2011, Heiri et al 2011). Unserer Analyse liegen die folgenden Hypothesen zugrunde: 1) NWR sind insgesamt naturnäher als bewirtschaftete Wälder; 2) im Schweizer Wald nimmt die Naturnähe von genutzten zu lange nicht mehr genutzten Wäldern zu; 3) NWR unterscheiden sich noch nicht wesentlich von länger nicht mehr genutzten Wäldern gemäss LFI.

Material und Methoden

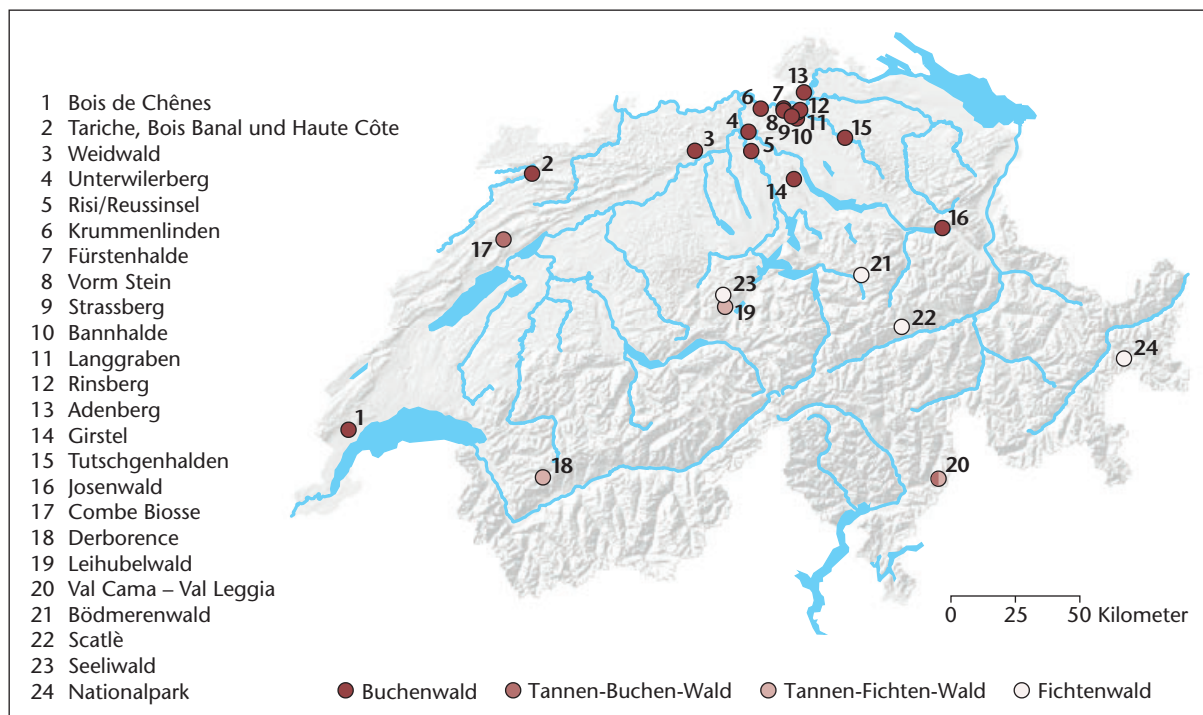
Naturwaldreservate

Die Methodik der Inventuren in den NWR richtet sich, was die hier betrachteten Kennzahlen betrifft, seit Beginn der Reservatsforschung nach der ursprünglichen Anleitung von Leibundgut (Institut für Waldbau 1962). Daten wurden auf zwei Massstabsebenen erhoben: 1) Meist mehrere Hektaren grosse Abteilungen wurden vollkluppiert, wobei alle lebenden sowie die tot stehenden Bäume (Dürrstän-

Reservat	Reservatsmerkmale					Lebende Bäume		Dürrständer		Giganten BHD ≥ 80 cm (St./ha)
	Bezugsfläche (ha)	Inventur-jahr	Waldtyp	Inventurmethode	Jahre seit Nutzungsaufgabe	Stammzahl (St./ha)	Grundfläche (m ² /ha)	Stammzahl (St./ha)	Grundfläche (m ² /ha)	
Adenberg	4.60	2002	Bu	VK	> 50	348	42.12	28	1.72	1.96
Bannhalde	2.75	2000	Bu	VK	> 50	371	44.36	25	3.77	9.82
Fürstenhalde	2.29	1994	Bu	VK	> 50	344	33.90	39	0.98	1.75
Langgraben	4.34	2004	Bu	VK	> 50	371	22.93	22	0.70	0.23
Strassberg	6.31	2001	Bu	VK	> 50	614	39.85	56	1.62	0.32
Tariche Haute Côte	10.29	1999	Bu	VK	> 50	535	47.06	55	2.80	1.17
Weidwald	5.10	1998	Bu	VK	> 50	741	37.53	69	2.18	0.00
Bois de Chênes	6.40	1995	Bu	VK	21–50	490	35.64	37	1.28	0.16
Girstel	4.04	1982	Bu	VK	21–50	659	37.01	76	2.26	0.50
Josenwald	12.03	†1982	Bu	VK	21–50	549	37.13	12	0.29	0.00
Krummenlinden	3.00	1996	Bu	VK	21–50	421	40.83	38	1.56	0.67
Rinsberg	3.10	1994	Bu	VK	21–50	483	36.88	22	1.35	3.55
Risi/Reussinsel	1.83	1988	Bu	VK	21–50	487	37.16	37	0.90	6.01
Tariche Bois Banal	13.58	2000	Bu	VK	21–50	694	40.38	58	1.50	0.15
Tutschgenhalde	2.10	1995	Bu	VK	21–50	510	45.97	71	3.26	1.43
Unterwilerberg	3.10	1994	Bu	VK	21–50	801	40.00	76	2.11	1.29
Vorm Stein	7.03	2000	Bu	VK	21–50	634	53.26	55	1.89	0.57
Bödmerenwald	4.89	2003	Fi	KF	> 50	240	45.71	30	4.84	6.95
Nationalpark	3.16	1993	Fi	KF	> 50	403	32.54	18	0.75	0.00
Scatlè	6.36	2006	Fi	KF	> 50	269	42.00	32	4.71	8.02
Seeliwald	33.68	1997	Fi	VK	21–50	571	41.97	36	1.74	0.33
Val Cama/Val Leggia	*3.33	2009	Ta-Bu	SP	> 50	524	41.27	23	1.78	3.13
Combe Biosse	8.76	1987	Ta-Bu	KF	21–50	500	41.60	45	1.34	2.74
Derborence	32.62	†1981	Ta-Fi	VK	> 50	283	31.64	10	1.17	9.81
Leihubelwald	23.79	1995	Ta-Fi	VK	> 50	490	53.01	29	2.50	10.13
Val Cama/Val Leggia	†1.95	2009	Ta-Fi	SP	> 50	352	36.63	22	2.34	3.10

Tab 1 Kennzahlen der untersuchten Naturwaldreservate zum Zeitpunkt der letzten Inventur. Kluppschwelle bei 12 cm. Bu: Buchenwald, Fi: Fichtenwald, Ta-Fi: Tannen-Fichten-Wald, Ta-Bu: Tannen-Buchen-Wald; VK: Vollkluppierung in Abteilungen, KF: Kernflächeninventur, SP: Stichprobeninventur. †VK-Daten der vorletzten Inventur verwendet anstelle der SP von 2008. *Keine VK-Daten für Inventur 1991. †Aufnahmefläche aller 70 Probekreise, †Aufnahmefläche aller 41 Probekreise (Aufnahmeprozent je 2.5%).

Abb 1 Lage der untersuchten Naturwaldreservate. Die Farben entsprechen dem durch das jeweilige Reservat repräsentierten Waldtyp (aus Brang et al 2011, verändert).



der) ab 4 cm Durchmesser auf 1.30 m über Boden (BHD) in 1-cm-Klassen erfasst wurden. 2) Auf den kleineren Kernflächen (früher: Dauerflächen) wird das Schicksal jedes Baumes individuell verfolgt; dazu werden der BHD (in mm) gemessen und unter anderem Baumart und Zustand (lebend/tot) beurteilt (für Details zur Aufnahmemethodik siehe Heiri et al 2011). Seit 2007 werden in Reservaten, die grösser als rund 30 ha sind, ergänzend Stichprobeninventuren durchgeführt (Brang et al 2008). Diese Inventur gleicht methodisch derjenigen des LFI (Keller 2005).

Für unsere Auswertung versuchten wir, eine möglichst grosse und damit repräsentative Fläche für jedes der 25 NWR abzudecken. Daher verwendeten wir, wo vorhanden, Abteilungsdaten und nur in vier NWR ohne Vollkluppierung Kernflächendaten (Tabelle 1). Für das 2009 erstmals aufgenommene Reservat Val Cama/Val Leggia wurden die Daten der Stichprobeninventur verwendet.

Wir erwarteten einen grossen Einfluss des Waldstandortes auf die gewählten Kennzahlen. Daher stratifizierten wir die Daten nach vier wichtigen vegetationskundlichen Verbänden der Schweiz (hier Waldtypen genannt), für die auch im LFI eine grosse Anzahl Stichproben vorliegt, und schlossen andere Standorttypen und somit einige Reservate aus. Die vier Waldtypen entsprechen den potenziellen natürlichen Waldgesellschaften des dritten LFI (Vegetationsklassen sensu LFI3, Cioldi et al 2010) und waren bei den Reservatsdaten wie folgt vertreten: Buchenwald (17 Reservate), Tannen-Buchen-Wald (2), Tannen-Fichten-Wald (3) und Fichtenwald (4; Abbildung 1 und Tabelle 2). Im Reservat Val Cama/Val Leggia sind sowohl Tannen-Buchen- als auch Tannen-Fichten-Wälder vertreten, weshalb es in Ta-

belle 1 zweimal aufgeführt ist. Bei sieben anderen Reservaten schlossen wir einzelne Abteilungen beziehungsweise Kernflächen, in welchen der Waldtyp vom Hauptwaldtyp des Reservates abweicht, von der Analyse aus. Die Flächen der verwendeten Abteilungen beziehungsweise Kernflächen variieren zwischen 1.83 ha und 33.68 ha pro Reservat, wobei die meisten Flächen unter 10 ha liegen (Tabelle 1). Der Zeitpunkt der letzten Inventur variiert zwischen den Reservaten stark und liegt zwischen 1981 und 2009. Diese Variation ist für unsere Auswertungen aber nicht relevant, da wir die NWR nach der Dauer seit der letzten Holznutzung (Nutzungskategorie) gruppierten (bezogen auf das Inventurjahr, Tabelle 1). Diese bestimmten wir nach Möglichkeit anhand von Archivmaterial und Publikationen; beim Fehlen genauerer Angaben schätzten wir sie aufgrund der generellen regionalen Waldnutzungsgeschichte. Die in dieser Arbeit verwendeten NWR konnten so in zwei Nutzungskategorien eingeteilt werden: letzte Holznutzung vor 21–50 Jahren (NWR.21) beziehungsweise vor mehr als 50 Jahren (NWR.50+).

Landesforstinventar

Für den Schweizer Wald wurden Daten aus dem dritten Landesforstinventar (LFI3, Erhebung 2004–2006; Brändli 2010) verwendet; den repräsentierten Wald nennen wir im Folgenden kurz «Schweizer Wald». Das LFI ist eine Stichprobenerhebung mit rund 6500 Probeflächen auf einem Netz mit 1.4 km Maschenweite und geht zurück bis auf die Jahre 1983–1985 (LFI1). In unserer Analyse verwendeten wir Daten der Felderhebung (Baumdaten), der Umfrage bei den Förstern (Nutzungskategorien) und aus Modellen (Vegetationsklassen). Die hier analysier-

Dauer seit letzter Nutzung (Jahre)	Landesforstinventar						Naturwaldreservate			
	0–20		21–50		> 50		21–50		> 50	
	Anzahl SP	GWL	Anzahl SP	GWL	Anzahl SP	GWL	Anzahl NWR	GWL	Anzahl NWR	GWL
Waldtyp										
Buchenwald	1477	4226	283	3784	114	3100	10	4048	7	4635
Tannen-Buchen-Wald	787	3426	255	3189	141	2860	1	3944	1	2812
Tannen-Fichten-Wald	413	2856	186	2545	118	2429	0	–	3	3315
Fichtenwald	327	2167	257	1956	280	2061	1	2434	3	1957

Tab 2 Anzahl Stichprobenpunkte (SP) des 3. Landesforstinventars (LFI3) beziehungsweise Anzahl Naturwaldreservate (NWR), welche in die jeweilige Auswertungskategorie eingingen, sowie mittlere Gesamtwuchsleistung (GWL) pro Kategorie (kg Trockensubstanz pro ha und Jahr). Eine LFI3-Stichprobe repräsentiert 177.4 ha.

ten Baumdaten wurden auf zwei konzentrischen Probekreisen erhoben: lebende Bäume und Dürrständer ab 12 cm BHD auf 200 m², solche ab 36 cm BHD auf 500 m² (Keller 2005).

Datenanalyse

Die NWR-beziehungsweise LFI-Daten wurden nach Waldtyp und Nutzungskategorie stratifiziert. Während die LFI-Daten für drei Nutzungskategorien (letzte Nutzung vor 0–20, 21–50 und > 50 Jahren, im Folgenden LFI.0, LFI.21 und LFI.50+ genannt) alle vier Waldtypen mit mindestens 114 Probeflächen ausreichend abdecken, beinhalten die NWR-Daten nur zwei Nutzungskategorien (NWR.21 und NWR.50+), in welchen drei Straten nur durch ein Reservat repräsentiert werden, während ein Stratum gar ganz unbesetzt ist (Tabelle 2). Hinsichtlich der Interpretation der Resultate bedeutet dies, dass im Stratum Buchenwald der Stichprobenumfang für einen generellen Vergleich zwischen NWR und LFI ausreicht. Für die anderen drei Waldtypen sind die Ergebnisse aus den NWR mit Vorsicht zu interpretieren.

Für alle Auswertungen wurde die im LFI verwendete Kluppschwelle von 12 cm gewählt, und die Kennzahlen wurden pro Stratum gemittelt; bei den LFI-Daten geschah dies über alle Stichproben des Stratums, was die Angabe entsprechender Streuungsmasse (Standardfehler des Mittelwertes) ermöglichte. Die NWR-Daten fassten wir zu einem Wert pro Reservat zusammen und bildeten dann deren Mittelwerte. Dabei wurde jedes Reservat als gleichwertig angesehen, und der Mittelwert nicht mit der Flächengrösse gewichtet. Die Grösse der Reservatsfläche beziehungsweise der pro Reservat untersuchten Fläche ist durch externe Faktoren bestimmt, welche nichts mit der Ökologie zu tun haben, wie der Bereitschaft der Waldeigentümer zur Nutzungsaufgabe oder der Intensität der Forschungsarbeiten (z.B. Grösse der angelegten Kernflächen).

Kennzahlen zur Bestandesstruktur

Als Mass für die Bestandesdichte verwendeten wir Stammzahlen und Bestandesgrundflächen (G). Die Stammzahlen verstehen sich pro Hektare und wurden zusätzlich nach «dünnen» (BHD 12–35.9 cm)

und «dicken» (BHD ≥ 36 cm) Bäumen differenziert, da Letztere sowohl bei lebenden als auch toten Bäumen als ökologisch wertvoller gelten (Nilsson et al 2002). Die Bestandesgrundfläche wählten wir, da sie direkt aus dem BHD der Einzelbäume hergeleitet werden kann und im Gegensatz zum Vorrat keine Annahmen zum Tarif benötigt. Die Bestandesgrundfläche berechnet sich aus der Summe der Stammquerschnittsflächen (auf BHD-Messhöhe) aller Bäume eines Bestandes oberhalb der Kluppschwelle und wird in m²/ha angegeben.

Habitatqualität

Lebende Baumriesen («Giganten») und grosse Mengen an stehendem und liegendem Totholz sind typische Merkmale von Urwäldern und können für die Beurteilung der Habitatqualität sowie als Indikator für die Naturnähe von Waldreservaten dienen (Christensen et al 2005, McElhinny et al 2005, Oheimb et al 2005). Allerdings fehlen gut abgesicherte walddtypenspezifische BHD-Schwellenwerte für Giganten, weshalb wir einen einheitlichen Schwellenwert von BHD ≥ 80 cm verwendeten, welcher im Schweizer Wald gemäss LFI auch auf den geringwüchsigsten Standorten der Subalpinstufe noch überschritten wird. Da solch dicke Bäume selten sind, weisen wir zusätzlich die Stammzahl von Bäumen mit BHD ≥ 52 cm (Starkholz) aus, womit wir auch angehende Giganten einschliessen. Für das Totholz standen uns aus den NWR lediglich Informationen zur Stammzahl und zur BHD-Verteilung der Dürrständer zur Verfügung; Angaben zur Länge der Stammstücke (nötig z.B. für die Volumenberechnung) und zum liegenden Totholz werden erst seit 2007 erhoben. Daher beschränkten wir uns zur Quantifizierung des Totholzes auf Stammzahl und Grundfläche der Dürrständer, wie bei den lebenden Bäumen stratifiziert nach «dünnen» (BHD 12–35.9 cm) und «dicken» (BHD ≥ 36 cm) Bäumen.

Standortgüte

Als Mass für die Bonität der Waldstandorte (auf Ebene NWR bzw. LFI-Probefläche) wurde die maximale durchschnittliche Gesamtwuchsleistung in Trockensubstanz pro ha und Jahr (GWL nach Keller

1978) verwendet, die von der aktuellen Baumartenzusammensetzung weitgehend unabhängig ist. Zur einfacheren Interpretation werden im LFI die Waldstandorte aufgrund der GWL in vier Standortgüteklassen eingeteilt: gering (0–1500 kg/[ha×Jahr]), mässig (1500–3000), gut (3000–4500) und sehr gut (> 4500). Ein gut wüchsiger Standort weist in dieser Einteilung etwa eine Fichten-Bonität von 20 beziehungsweise eine Buchen-Bonität von 17 auf, was gemäss Ertragstafel (EAFV 1983a, EAFV 1983b) einem mittleren jährlichen Zuwachs von rund 10 m³/ha für Fichte beziehungsweise 6 m³/ha für Buche entspricht (Cioldi et al 2010). Pro Reservat wurde eine GWL bestimmt, wobei für die Höhenlage die mittlere Meereshöhe des durch die Daten abgedeckten Reservatsgebietes verwendet wurde.

reshöhe des durch die Daten abgedeckten Reservatsgebietes verwendet wurde.

Resultate

Standortgüte

In allen vier Waldtypen weisen die NWR eine höhere oder mindestens annähernd gleich grosse GWL auf wie die entsprechenden Nutzungskategorien in den LFI-Daten (Tabelle 2). Während in den LFI-Daten die GWL mit zunehmender Zeit seit der letzten Nutzung abnimmt, ist der Trend in den NWR uneinheitlich. In den durch die NWR gut abgedeckten Buchenwäldern ist die mittlere GWL in den NWR.50+ sogar deutlich grösser als in den NWR.21 (4635 bzw. 4048 kg/[ha×Jahr]; Tabelle 2) und um rund die Hälfte grösser als im Schweizer Wald des entsprechenden Stratum LFI.50+ (3100 kg/[ha×Jahr]).

Kennzahlen zur Bestandesstruktur

Nicht mehr genutzte Buchen- und Tannen-Buchen-Wälder (Nutzungsaufgabe vor 21–50 und vor > 50 Jahren) haben in NWR und im LFI generell höhere Stammzahlen als Tannen-Fichten- und Fichtenwälder (Abbildung 2). Bewirtschaftete Schweizer Wälder (LFI.0) haben geringere Stammzahlen als NWR.21 (Abbildung 2). In Reservaten der Kategorie NWR.50+ sind die Stammzahlen in Buchen- und Tannen-Buchen-Wäldern grösser als im bewirtschafteten Schweizer Wald (LFI.0), in Tannen-Fichten-Wäldern ähnlich hoch und in Fichtenwäldern tiefer. Der Vergleich der Stammzahlen innerhalb einer Nutzungskategorie zeigt für die Kategorie LFI.50+ für alle vier Waldtypen höhere oder mindestens gleich grosse Stammzahlen wie für NWR.50+, wogegen in der Nutzungskategorie 21–50 Jahre (wo Daten vorhanden) die Reservate höhere Stammzahlen aufweisen (Abbildung 2).

Das Verhältnis von «dünnen» (BHD 12–35.9 cm) zu «dicken» (BHD ≥ 36 cm) Bäumen liegt in allen vier Waldtypen und unabhängig vom Zeitpunkt der letzten Nutzung relativ konstant bei 3:1 (Abbildung 2). Ausnahmen sind Fichtenwald- und Tannen-Fichten-Wald-NWR der Kategorie NWR.50+ mit einem grösseren Anteil «dicker» Bäume (46% bzw. 33%) sowie Tannen-Buchen- und Buchenwälder der Kategorie LFI.50+ mit einem kleineren Anteil «dicker» Bäume (20% bzw. 14%). In den Tannen-Buchen-Waldreservaten der Kategorie NWR.21 ist der Anteil «dicker» Bäume ebenfalls kleiner (18%), diese Klasse beinhaltet allerdings nur ein Reservat (Combe Biosse; Abbildung 2b).

Die mittlere Bestandesgrundfläche der NWR liegt in allen vier Waldtypen und über alle Nutzungskategorien bei rund 40 m²/ha (Abbildung 3), diejenige der bewirtschafteten Wälder in der Kategorie LFI.0 ist mit rund 30 m²/ha in allen Waldtypen

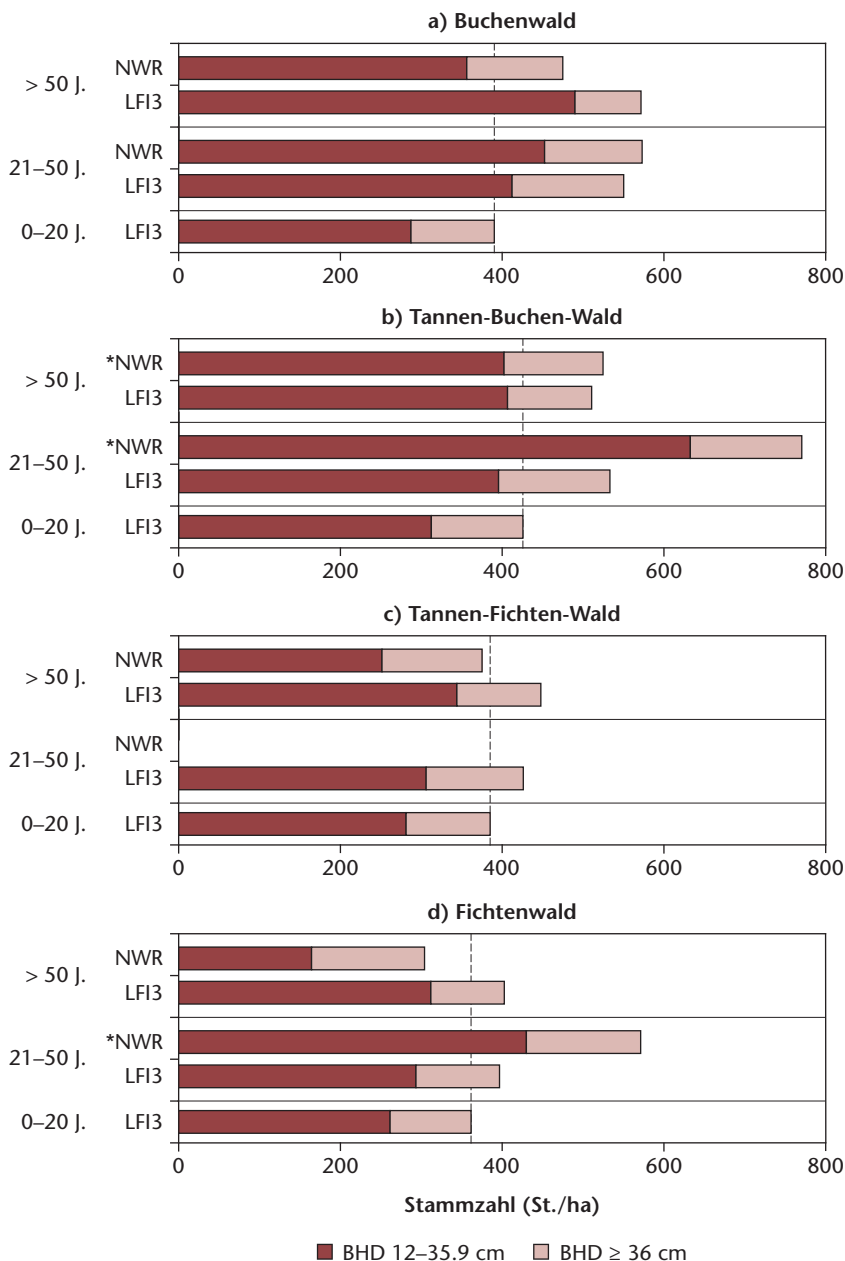


Abb 2 Mittlere Stammzahl der lebenden Bäume in Naturwaldreservaten (NWR) beziehungsweise im Schweizer Wald (LFI3), gruppiert nach Anzahl Jahre seit der Nutzungsaufgabe beziehungsweise der letzten Holznutzung. Die Stammzahlen sind aufgeschlüsselt nach «dünnen» (BHD 12–35.9 cm) und «dicken» (BHD ≥ 36 cm) Bäumen. Die gestrichelte Linie soll den Vergleich mit dem bewirtschafteten Schweizer Wald LFI.0 (letzte Nutzung vor 0–20 Jahren) erleichtern. * bezeichnet Säulen, welche auf Daten eines einzigen Reservats basieren.

pen deutlich kleiner. Auch innerhalb einer Nutzungskategorie zeichnen sich NWR gegenüber dem Schweizer Wald durch grössere Grundflächen aus. Einzig im Tannen-Buchen- und im Buchenwald in der Nutzungskategorie 21–50 Jahre ist die mittlere Bestandesgrundfläche im Schweizer Wald und in NWR ähnlich (Abbildungen 3b/a).

Habitatqualität

Im bewirtschafteten Wald LFI.0 liegt die Starkholzdichte (BHD ≥ 52 cm) im Buchen- und im Fichtenwald bei rund 30 Bäumen/ha, im Tannen-Buchen- und im Tannen-Fichten-Wald leicht höher (Tabelle 3). Ähnlich gross ist die Dichte der Starkholzstämmen in den Reservaten NWR.21, bis auf Buchenwaldreservate, in welchen nur rund 20 Bäume/ha stehen. In

Fichten- und Tannen-Fichten-Waldreservaten der Kategorie NWR.50+ hingegen ist die Starkholzdichte mit rund 60 Bäumen/ha doppelt so gross wie in der entsprechenden LFI-Kategorie, und auch in Tannen-Buchen- und Buchenwaldreservaten liegt sie mit 42 bzw. 34 Starkholzstämmen/ha über jener der entsprechenden LFI-Kategorie. In diesen lange nicht mehr bewirtschafteten NWR fällt auch die grosse Gigantendichte (BHD ≥ 80 cm) auf (Tabelle 3). Mit 2 bis 9 Giganten/ha sind diese hier zwei- bis dreimal so häufig wie im lange nicht mehr bewirtschafteten Schweizer Wald LFI.50+ (1 bis 3 Giganten/ha). In den LFI-Daten sind Giganten in allen Nutzungskategorien ähnlich häufig.

Für die im Reservatsnetzwerk gut vertretenen Buchenwälder haben wir zusätzlich die Baumartenzusammensetzung der Bäume mit BHD ≥ 52 cm untersucht, mit speziellem Fokus auf Fichte und Buche. In den LFI-Daten nimmt der Fichtenanteil im Starkholz mit zunehmender Zeitdauer seit der letzten Nutzung deutlich ab (von 32% auf 28 bzw. 13%), der Buchenanteil hingegen zu (von 27% auf 30 bzw. 56%). In den NWR ist der Trend ähnlich, wobei hier der Fichtenanteil schon in der Nutzungskategorie NWR.21 deutlich unter dem LFI-Wert liegt (16% vs. 28%) und in seit über 50 Jahren unbewirtschafteten Buchenwaldreservaten noch 8% beträgt. Der Buchenanteil im Starkholz ist in beiden NWR-Nutzungskategorien NWR.21 und NWR.50+ mit rund 45% fast identisch.

Im Vergleich zum bewirtschafteten Schweizer Wald (LFI.0) weisen die NWR in allen Waldtypen und Nutzungskategorien grössere mittlere Dürrständer-Stammzahlen auf, mit zwei Ausnahmen: In Tannen-Fichten- und Tannen-Buchen-Wäldern der Kategorie NWR.50+ entsprechen die Stammzahlen etwa jenen des bewirtschafteten Waldes LFI.0 (Tabelle 4). Der Vergleich innerhalb einer Nutzungskategorie zeigt für NWR.21 eine grössere, für NWR.50+ eine erheblich geringere Dürrständerdichte als für die entsprechende LFI-Kategorie (Tabelle 4). Im Allgemeinen nimmt die Dürrständerdichte, insbesondere jene mit BHD < 36 cm, in den LFI-Daten mit zunehmender Dauer des Nutzungsverzichts zu; ein solcher Trend fehlt in den NWR.

Der Anteil an Dürrständern mit BHD ≥ 36 cm liegt im bewirtschafteten Wald LFI.0 im Bereich von 15% aller Dürrständer, in den Nutzungskategorien LFI.21 und LFI.50+ aber tiefer, bei etwa 10%, besonders ausgeprägt in Buchenwäldern. Auch in den NWR ist der Anteil an dicken Dürrständern mit 4–12% aller Dürrständer eher gering; ausgenommen sind – in der Nutzungskategorie NWR.50+ – Fichtenwaldreservate (46% dicke Dürrständer) und Tannen-Fichten-Waldreservate (20%). In absoluten Dichten ausgedrückt kommen im Schweizer Wald in allen Waldtypen und Nutzungsklassen 2.1 bis 5.3 dicke Dürrständer/ha vor, weitgehend unabhängig vom Zeitpunkt der letzten

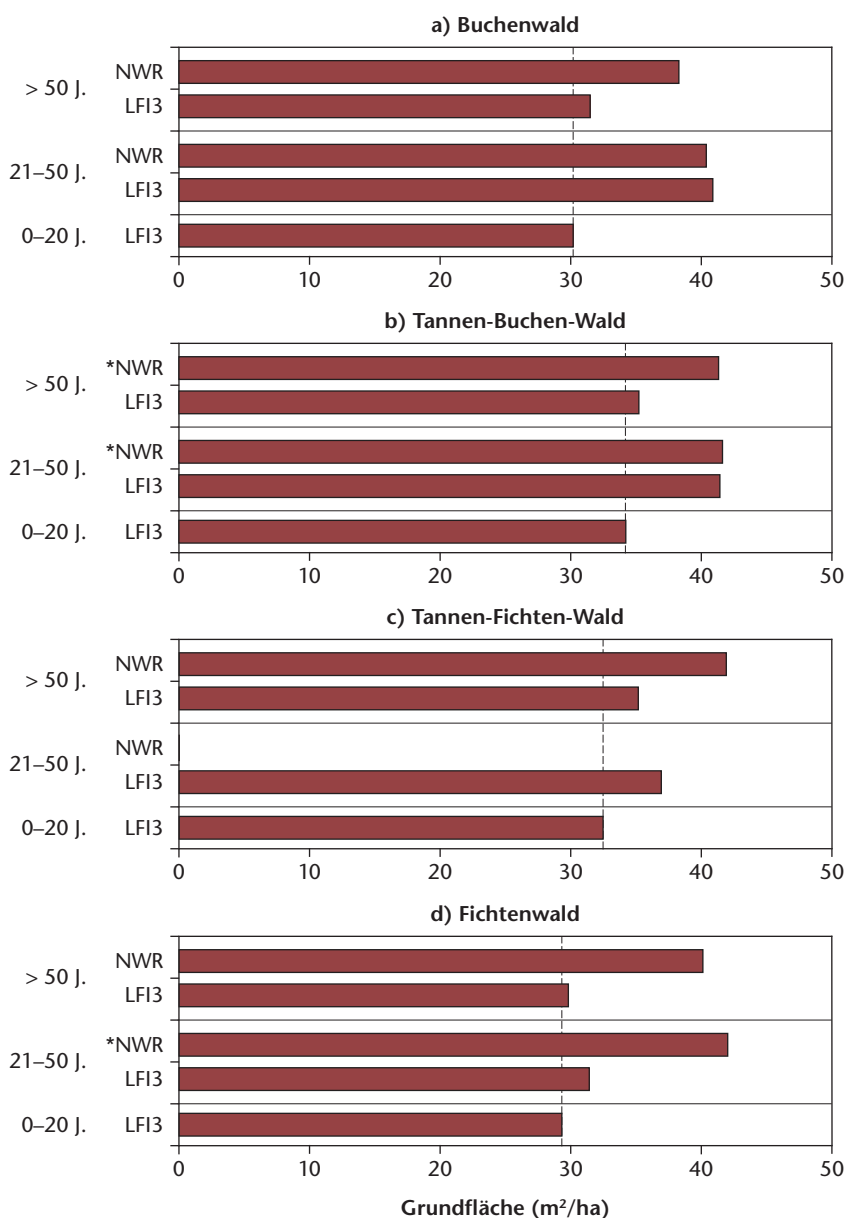


Abb 3 Mittlere Grundfläche pro ha der lebenden Bäume, basierend auf den untersuchten Naturwaldreservaten (NWR) beziehungsweise auf dem 3. Landesforstinventar (LFI3), gruppiert nach Anzahl Jahre seit der Nutzungsaufgabe beziehungsweise der letzten Nutzung. Kluppschwelle bei 12 cm. Die gestrichelte Linie soll den Vergleich mit dem bewirtschafteten Schweizer Wald LFI.0 (letzte Nutzung vor 0–20 Jahren) erleichtern. * bezeichnet Säulen, welche auf Daten von lediglich einem Reservat basieren.

Dauer seit letzter Nutzung (Jahre)		Landesforstinventar						Naturwaldreservate			
		0–20		21–50		> 50		21–50		> 50	
		St./ha	±SF	St./ha	±SF	St./ha	±SF	St./ha	±SF	St./ha	±SF
Waldtyp											
Buchenwald	BHD 52–79.9 cm	30.2	1.0	35.0	2.3	17.9	2.5	20.0	3.7	32.3	8.3
	BHD ≥ 80 cm	1.1	0.2	0.8	0.2	0.9	0.4	1.4	0.6	2.2	1.3
Tannen-Buchen-Wald	BHD 52–79.9 cm	36.1	1.5	43.3	3.0	29.9	3.0	*37.8	n.a.	*38.8	n.a.
	BHD ≥ 80 cm	1.3	0.2	1.6	0.5	2.2	0.6	*2.7	n.a.	*3.1	n.a.
Tannen-Fichten-Wald	BHD 52–79.9 cm	33.8	2.1	36.5	3.1	29.7	3.6	–	–	51.6	13.7
	BHD ≥ 80 cm	2.3	0.4	2.5	0.6	3.2	0.9	–	–	8.9	1.1
Fichtenwald	BHD 52–79.9 cm	29.9	2.1	31.0	2.5	27.3	2.2	*29.3	n.a.	58.4	19.5
	BHD ≥ 80 cm	1.6	0.4	2.3	0.5	2.2	0.5	*0.3	n.a.	5.0	2.5

Tab 3 Starkholz- und Gigantendichte (Stück/ha) pro Waldtyp im Schweizer Wald (Landesforstinventar) und in Naturwaldreservaten, gruppiert nach der Anzahl Jahre seit der letzten Holznutzung beziehungsweise Nutzungsaufgabe. SF: einfacher Standardfehler. * bezeichnet Werte, welche auf lediglich einem Reservat basieren, für diese kann kein SF angegeben werden (n.a.). –: bezeichnet fehlende Werte.

Dauer seit letzter Nutzung (Jahre)		Landesforstinventar						Naturwaldreservate			
		0–20		21–50		> 50		21–50		> 50	
		St./ha	±SF	St./ha	±SF	St./ha	±SF	St./ha	±SF	St./ha	±SF
Waldtyp											
Buchenwald	BHD < 36 cm	12.1	0.9	36.0	4.1	51.4	7.6	46.3	7.1	38.1	7.1
	BHD ≥ 36 cm	2.6	0.3	2.9	0.6	2.1	0.6	1.7	0.4	3.9	1.5
Tannen-Buchen-Wald	BHD < 36 cm	17.1	1.6	37.8	4.0	34.5	4.1	*43.6	n.a.	*21.1	n.a.
	BHD ≥ 36 cm	3.6	0.5	2.8	0.6	4.5	1.1	*1.6	n.a.	*1.4	n.a.
Tannen-Fichten-Wald	BHD < 36 cm	23.7	2.9	38.3	7.9	30.0	6.4	–	–	16.0	4.4
	BHD ≥ 36 cm	5.3	0.9	4.8	1.3	4.6	1.0	–	–	4.1	1.6
Fichtenwald	BHD < 36 cm	19.4	2.6	18.5	3.2	31.3	4.7	*31.6	n.a.	14.4	1.6
	BHD ≥ 36 cm	2.9	0.6	4.9	0.9	4.1	0.7	*4.3	n.a.	12.4	5.5

Tab 4 Mittlere Stammzahl der Dürrständer (Stück/ha) pro Waldtyp im Schweizer Wald (Landesforstinventar) und in Naturwaldreservaten, gruppiert nach der Anzahl Jahre seit der letzten Holznutzung beziehungsweise Nutzungsaufgabe. Die Stammzahlen sind aufgeschlüsselt nach «dünnen» und «dicken» Bäumen. Kluppschwelle bei 12 cm BHD. SF: einfacher Standardfehler. * bezeichnet Werte, welche auf lediglich einem Reservat basieren, für diese kann kein SF angegeben werden (n.a.). –: bezeichnet fehlende Werte.

Nutzung (Tabelle 4). Die entsprechenden Werte liegen in den Reservaten zwischen 1.4 und 4.3 Stück pro ha, mit Ausnahme der Fichtenwaldreservate der Kategorie NWR.50+ (12.4 Stück/ha).

Die Grundfläche der Dürrständer liegt – im LFI wie auch in den NWR – in allen Waldtypen und Nutzungskategorien im Bereich von 1 bis 2 m²/ha (Tabelle 5). Einzig in Fichtenwaldreservaten NWR.50+ findet sich ein deutlich höherer Wert (3.4 m²/ha).

Diskussion

Die in unserer Analyse verglichenen Straten aus der Naturwaldreservats-Forschung und dem LFI sind unterschiedlich gut besetzt. In den Reservatsdaten sind Buchenwaldstandorte gut vertreten. Die drei anderen Waldtypen sind mit zwei bis vier Reservaten hingegen zu schwach besetzt, und bei der Interpretation müssen Eigenheiten jedes Reservats wie seine Standortverhältnisse, seine Nutzungsgeschichte und die oftmals geringe Fläche berücksichtigt werden, wodurch Zufallseffekte eine erhebliche Rolle spielen können. Immerhin lässt sich beurtei-

len, ob die Unterschiede zwischen Waldtypen und Nutzungskategorien tendenziell ähnlich sind wie im Schweizer Wald.

Standortgüte

Gemäss den LFI-Daten stehen genutzte Wälder (LFI.0) generell auf produktiveren Standorten als schon länger nicht mehr genutzte (Tabelle 2; vgl. Herold & Stierlin 1999). Dieser Trend fehlt allerdings in Fichtenwäldern, in welchen die Holzernteaufwände nach LFI-Auswertungen generell am grössten und die Eingriffe selten rein ökonomisch motiviert sind (Schutzwaldpflege). Überraschend ist, dass seit über 50 Jahren nicht mehr genutzte Buchenwaldreservate deutlich wüchsiger Standorte repräsentieren als solche, in denen vor 21–50 Jahren noch Holz genutzt wurde; diese NWR-Standorte sind auch wüchsiger als alle Buchenwaldstandorte im Schweizer Wald, egal ob genutzt oder nicht. Dies widerlegt – bei Buchenwaldreservaten – die Vermutung, dass bei der Reservatsausscheidung unproduktive Wälder bevorzugt wurden. Auch die hier untersuchten drei NWR in Tannen-Fichten-Wäldern sind produktiver als alle Tannen-Fichten-Wälder im Schweizer Wald (Ta-

Dauer seit letzter Nutzung (Jahre)	Landesforstinventar						Naturwaldreservate			
	0–20		21–50		> 50		21–50		> 50	
	m ² /ha	±SF	m ² /ha	±SF	m ² /ha	±SF	m ² /ha	±SF	m ² /ha	±SF
Waldtyp										
Buchenwald	0.9	0.1	1.5	0.2	1.6	0.2	1.6	0.3	2.0	0.4
Tannen-Buchen-Wald	1.2	0.1	1.6	0.2	1.9	0.3	*1.3	n.a.	*1.8	n.a.
Tannen-Fichten-Wald	1.8	0.2	2.0	0.4	1.9	0.3	–	–	2.0	0.4
Fichtenwald	1.1	0.2	1.6	0.3	1.7	0.2	*1.7	n.a.	3.4	1.3

Tab 5 Mittlere Grundfläche der Dürrständer (m²/ha) pro Waldtyp im Schweizer Wald (Landesforstinventar) und in Naturwaldreservaten, gruppiert nach der Anzahl Jahre seit der letzten Holznutzung beziehungsweise der Nutzungsaufgabe. SF: einfacher Standardfehler. * bezeichnet Werte, welche auf lediglich einem Reservat basieren, für diese kann kein SF angegeben werden (n.a.). –: bezeichnet fehlende Werte.

belle 2). Für die Reservatsausweisung eher ausschlaggebend als die Wüchsigkeit könnte die (schlechte) Erschliessung der NWR zum Zeitpunkt der Gründung gewesen sein, welche die Holznutzung, trotz guten Zuwächsen, ökonomisch uninteressant machte.

Kennzahlen der Bestandesstruktur

Die Grundflächen und weniger deutlich auch die Stammzahlen sind in NWR generell grösser als im Schweizer Wald (Abbildungen 2 und 3). Dies interpretieren wir als direkte Folge der vollständigen Nutzungsaufgabe in den NWR. Dabei ist im Auge zu behalten, dass die LFI-Daten auch Jungwaldflächen einschliessen, welche geringe Grundflächen und – bei einer Kluppschwelle von 12 cm – sehr variable Stammzahlen aufweisen. Die NWR befinden sich hingegen vorwiegend in Optimalphasen (Heiri et al 2011), was sich erstens in der grösseren Dichte von Bäumen mit BHD ≥ 36 cm zeigt und zweitens, bei den Fichtenwäldern, in einem grösseren Anteil dieser Bäume an der gesamten Stammzahl (Abbildung 2). Ausserdem enthalten die NWR keine ausgedehnten Störungsflächen, sondern wurden allenfalls kleinflächig oder einzelbaumweise von natürlichen Störungen getroffen, welche die Stammzahl und die Grundfläche höchstens leicht reduzierten. Die Dominanz der Optimalphase in den NWR zeigt sich auch darin, dass NWR.50+ geringere Stammzahlen (Abbildung 2), aber grössere Grundflächen (Abbildung 3) aufweisen als gleich lange ungenutzte Flächen im Schweizer Wald (LFI.50+). Einzig die Tannen-Fichten-NWR im Val Cama/Val Leggia haben eine leicht grössere Stammzahl als das entsprechende LFI-Stratum, allerdings dennoch mit grösserer Grundfläche (Abbildungen 2 und 3).

Kleine Stammzahlen in Verbindung mit einer grossen Bestandesgrundfläche zeichnen auch Buchenurwälder in Osteuropa aus. Auf einer 10 ha grossen Kernfläche in den ukrainischen Karpaten, welche unterteilt in 40 Teilflächen à 0.25 ha untersucht wurde, waren die Stammzahlen durchschnittlich noch kleiner als in den Buchen-NWR (219 ± 47 St./ha; dies trotz Kluppschwelle 8 cm), die Grundflächen aber ähnlich gross (38.5 ± 7.4 m²/ha; Commarmot et al 2005). In drei albanischen Buchenurwäldern war dies ähnlich,

mit Stammzahlen von 331, 325 und 391 pro ha (Kluppschwelle 7 cm) und Grundflächen von 37.2, 45.6 und 43.1 m²/ha (Tabaku 2000). Buchen-NWR der Kategorie NWR.50+ liegen mit einer mittleren Grundfläche von 38.3 m²/ha im Bereich dieser Urwaldwerte, weisen aber mit 474 Bäumen/ha eine grössere Stammzahl auf. Buchenwaldflächen im Schweizer Wald in derselben Nutzungskategorie (LFI.50+) unterscheiden sich, mit einer kleineren Grundfläche (31.5 m²/ha) und grösseren Stammzahlen (581 St./ha), klar von Buchen-NWR und noch deutlicher von Urwäldern.

Habitatqualität

Für Ur- und Naturwälder sind grosse Anteile an Alt- und Totholz typisch (Nilsson et al 2002). Ökologisch wertvolle Baummerkmale wie eine raurissige Borke, dürre Äste, Bruch- und Faulstellen, starke Astgabeln und Höhlen bilden sich erst ab einem gewissen Baumalter beziehungsweise einer gewissen Baumdimension (Giganten) aus; diese Merkmale sind attraktiv für zahlreiche Tierarten, insbesondere für Milben, Spinnen, Insekten und deren Nutzniesser (Bütler et al 2011). Im Gegensatz zu den Wäldern mit Vorrangfunktion Naturschutz laut LFI, welche sich hinsichtlich Gigantendichte (BHD ≥ 80 cm) nicht vom übrigen Wald unterscheiden (Brändli et al 2010), haben NWR, insbesondere seit Langem ungenutzte, je nach Waldtyp zwei- bis dreimal so viele Giganten wie die hier untersuchten Straten des Schweizer Waldes. In NWR finden sich also mehr ökologisch wertvolle Habitatbäume (Vuidot et al 2011) als im Schweizer Durchschnitt, was die hohe Habitatqualität von NWR belegt. Die Gigantendichte europäischer Urwälder erreichen die NWR jedoch (noch) nicht. Nilsson et al (2002) folgern aufgrund ihrer umfassenden Untersuchungen in Naturwäldern Mittel- und Nordeuropas, dass rund 10 bis 20 Giganten/ha (BHD > 70 cm) für die ursprünglichen Urwälder Mitteleuropas charakteristisch waren. In europäischen Buchenur- und Naturwäldern wurden Werte von 5 bis 23 Giganten/ha gemessen (La Tillaile [Koop & Hilgen 1987] und Le Gros Fouteau [Pontaillet et al 1997] in Frankreich, Serrahn in Deutschland [Oheimb et al 2005], Uholka in der Ukraine [Commarmot et

al 2005] und Mirdita, Puka und Rajka in Albanien [Meyer et al 2003]). In Dobrocský prales, einem Fichten-Tannen-Buchen-Urwald in der Slowakei, kamen 16 Giganten/ha vor (Nilsson et al 2002), im Tannen-Buchen-Naturwaldreservat Hroncovský grún 6 Giganten/ha (Holeksa et al 2009). Für Fichtenurwälder gibt es Vergleichswerte aus den slowakischen Westkarpaten (6 bis 18 Giganten/ha), hier allerdings bereits ab BHD \geq 72 cm (Korpel' 1995). Lediglich einzelne der untersuchten NWR, darunter die ältesten Schweizer Fichten-NWR Bödmerenwald und Scatlè mit 7 beziehungsweise 8 Giganten/ha (Tabelle 1), weisen ähnliche Werte auf wie Urwälder.

Die Giganten im Schweizer Buchenwaldareal sind nicht selten Fichten, in den NWR ist deren Anteil deutlich geringer. Mit Aufgabe der Bewirtschaftung wird die oft standortfremde Fichte nicht mehr gefördert und mit der Zeit von der konkurrenzstärkeren Buche verdrängt. Der Rückgang des Fichtenanteils im Starkholz (BHD \geq 52 cm) mit zunehmender Dauer des Nutzungsverzichtes, welcher insbesondere in den LFI-Daten deutlich und mit einer Zunahme des Buchenanteils verbunden ist, stützt diese Vermutung. Dies bedeutet, dass NWR potenziell eine höhere Habitatqualität haben können, da dicke Buchen (und auch Eichen) generell eine grössere Anzahl an Mikrohabitaten (z.B. Löcher und Risse im Stamm, Rindenstrukturen) aufweisen (Vuidot et al 2011).

Totholz bietet zahlreichen Tier-, Pflanzen- und Pilzarten einen Lebensraum. Je nach Organismengruppe hängen 20 bis 50% der Arten von Totholz ab (Bütler et al 2011), wobei das hier betrachtete stehende Totholz nur einen Teil aller Mikrohabitate aufweist, die sich zwischen dem Absterben und dem vollständigen Vermodern eines Baumes ausbilden. Von besonderem ökologischem Wert sind die seltenen dicken Dürrständer (Lachat & Bütler 2009, Harmon et al 1986). Die Dichte der Dürrständer ab

36 cm BHD variiert im Schweizer Wald je nach Waldtyp und Nutzungsklasse zwischen 2 und 5 Stück/ha, auch in den NWR, mit Ausnahme der Fichten-NWR.50+. Gemäss der Studie von Nilsson et al (2002) beträgt der Anteil der Dürrständer an der Gesamtstammzahl in Urwäldern Mittel- und Nordeuropas rund 10%. Mit Werten zwischen 4 und 9% erreichen – mit Ausnahme der NWR Scatlè und Derborne – weder Reservatsflächen noch der Schweizer Wald diese Dürrständerdichte, insbesondere wenn man berücksichtigt, dass der Prozentsatz bei den dicken Bäumen grösser sein müsste (Nilsson et al 2002), was weder für den Schweizer Wald (2–5%) noch für die NWR (1–8%) beobachtet werden kann.

Weshalb die Buchen-NWR mit 2–4 Stück/ha nicht mehr dicke Dürrständer aufweisen als die übrigen genutzten oder nicht mehr genutzten Buchenwälder (2–3 Stück/ha), ist unklar. Es könnte damit zusammenhängen, dass Laubholz-Dürrständer generell rasch abgebaut werden und daher relativ schnell umfallen. Jedenfalls unterscheiden sich Reservate bezüglich Menge und Qualität des stehenden Totholzes vom Schweizer Wald in der Regel (noch) wenig.

Die Dichte der dünnen Dürrständer in den NWR war im Vergleich zu kürzlich bewirtschafteten Wäldern (LFI.0) vor allem bei Buchenwäldern deutlich höher; in den anderen Waldtypen ist die Reservatsanzahl für klare Aussagen zu gering, sie zeigen aber einen ähnlichen Trend. Dass in kürzlich genutzten Buchenwäldern drei- bis viermal weniger dünne Dürrständer stehen als in NWR, könnte mehrere Gründe haben: Im bewirtschafteten Wald entstehen schon gar nicht so viele kleine Dürrständer, da bei der Durchforstung Konkurrenten entfernt werden (heute vermehrt auch als Energieholz genutzt). Dadurch sinkt die Stammzahl und dank mehr Licht und geringerem Konkurrenzdruck auch die natürliche Mortalität. Zudem wurden Dürrständer im bewirtschafteten Wald oft nicht stehen gelassen, obwohl ihr Holzwert in der Regel sehr gering ist, und schliesslich hat eine Praxisänderung – hin zur Schonung von Dürrständern – erst kürzlich eingesetzt, sodass sich das im LFI3 noch nicht zeigen konnte. Die Zunahme des Volumens der Dürrständer innert zehn Jahren vom LFI2 (10.3 m³/ha) zum LFI3 (18.5 m³/ha; Brändli et al 2010) spricht dafür, dass dieser letzte Grund eine wichtige Rolle spielt. Die grösseren Dürrständerdichten in kürzlich genutzten Fichten-, Tannen-Fichten- und Tannen-Buchen-Wäldern im Vergleich zu Buchenwäldern dürften auf die intensivere Holznutzung auf Buchenwaldstandorten zurückzuführen sein. Nach LFI3-Auswertungen wurden auf Standorten der Buchenwälder jährlich 10.8 m³/ha genutzt, in Tannen-Buchen-Wäldern 7.6, in Tannen-Fichten-Wäldern 5.0 und in Fichtenwäldern 1.7 m³/ha. Zudem ist die Standdauer von Dürrständern in Buchenwäldern geringer als in nadelholzreicheren, kühleren Waldtypen (Herrmann et al 2012, dieses Heft).



Abb 4 Die Starkholzdichte (BHD \geq 52 cm) liegt im Schweizer Buchenwaldareal mit rund 30 Bäumen pro Hektare etwas über dem Durchschnitt der Buchenwaldreservate.



Abb 5 Im Naturwaldreservat Leihubelwald (Obwalden) stehen über zehn Giganten pro Hektare, dies ist eine der grössten Gigantendichten im NWR-Netzwerk.

Die mittlere Grundfläche an stehendem Totholz bewegt sich erstaunlicherweise in allen Waldtypen und Nutzungskategorien – im Schweizer Wald wie in den NWR – im engen Rahmen von 1–2 m²/ha. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von Brändli et al (2010), wonach sich Wälder mit Vorrangfunktion Naturschutz bezüglich Totholzvorrat (21.4 ± 2.8 m³/ha) nicht signifikant vom gesamten Wald (18.5 ± 0.6 m³/ha) unterscheiden, unabhängig von der Höhenstufe. Allerdings machen die in unserer Studie untersuchten Dürrständer nur rund 20–40% des gesamten Totholzvorrates in Naturwäldern aus (Nilsson et al 2002). Einen Vergleich des gesamten Totholzvorrates in sechs NWR mit Werten aus dem LFI3 präsentieren Herrmann et al (2012, dieses Heft); sie zeigen, dass – unter Einbezug des liegenden Totholzes – die NWR eine grössere Totholzmenge, grössere Dimensionen und einen höheren Anteil an fortgeschrittenen Zersetzungsstadien aufweisen als der Schweizer Wald.

Schlussfolgerungen

In der vorliegenden Untersuchung haben wir erstmals Daten aus Schweizer Naturwaldreservaten (NWR) für einen vertieften Vergleich mit repräsentativen Daten aus dem Schweizer Wald (basierend auf dem Landesforstinventar LFI) verwendet. Zu den eingangs formulierten Hypothesen lassen sich abschliessend folgende Aussagen machen:

- 1) NWR unterscheiden sich erst in einigen wenigen Strukturmerkmalen deutlich vom bewirtschafteten Wald LFI.0. Die Gigantendichte (BHD ≥ 80 cm) in den NWR ist höher, besonders ausgeprägt in schon lange nicht mehr genutzten Reservaten. Zudem weisen die NWR generell grössere Bestandesgrundflächen und tendenziell höhere Stammzahlen auf und sind somit vorratsreicher als bewirtschaftete Wälder. Hinsichtlich Starkholzdichte (BHD ≥ 52 cm; Abbildung 4) und Dürrständerdichte zeigen sich allerdings kaum Unterschiede.
- 2) Die Naturnähe nimmt im Schweizer Wald von kürzlich genutzten zu lange nicht mehr bewirtschafteten Wäldern entgegen den Erwartungen nur schwach zu. Am auffälligsten ist die grössere Dürrständerdichte in unbewirtschafteten Wäldern, wobei dies vor allem dünne Dürrständer betrifft. Die Gigantendichte (Abbildung 5) nimmt mit zunehmender Dauer seit Nutzungsaufgabe leicht zu. In Buchenwäldern nimmt der Anteil der Fichte im Starkholz mit zunehmender Dauer seit Nutzungsaufgabe deutlich ab.
- 3) Die NWR unterscheiden sich unerwartet deutlich vom länger nicht mehr genutzten Schweizer Wald: Insbesondere die lange nicht mehr genutzten Reservate NWR.50+ weisen generell kleinere Stammzahlen, grössere Grundflächen und eine grössere Gigantendichte auf als der lange unbewirtschaftete Schweizer Wald (LFI.50+).

Die Naturnähe, beurteilt anhand der hier untersuchten Merkmale zu Bestandesstruktur und Habitatqualität, unterscheidet sich also erst wenig zwischen NWR und dem Schweizer Wald, was durchaus auch ein Verdienst des naturnahen Waldbaus in der Schweiz sein dürfte. Die gefundenen Unterschiede weisen jedoch alle auf eine Veränderung zu urwaldähnlichen Strukturen hin, wie dies Vergleiche mit Kennzahlen aus europäischen Urwäldern belegen. Relativ schnell verläuft diese Veränderung bei Grundflächen und der Menge des liegenden Totholzes, langsamer bei der Dichte von Giganten, bei der Grundfläche der Dürrständer und beim Auftreten stark zersetzten Totholzes (Heiri et al 2009, Herrmann et al 2012, dieses Heft). Für die – für viele Organismen und damit die Naturnähe wichtigen – Habitatstrukturen (z.B. Baumhöhlen) liegen erst Daten aus wenigen NWR vor; Vergleiche mit Urwäldern und bewirtschafteten Wäldern fehlen weitgehend.

Die Monitoringdaten aus der Reservatsforschung, in welchen bereits mehrere Jahrzehnte natürlicher Waldentwicklung erfasst sind, bilden eine wertvolle Grundlage, um natürliche Bestandes- und Habitatstrukturen sowie die sie gestaltenden Prozesse zu identifizieren. Sie dienen ausserdem als Referenz, um zu beurteilen, welche Massnahmen zur Verbesserung der Habitatqualität im übrigen Wald rasch eine Wirkung erzielen können beziehungsweise für welche mehrere Jahrzehnte veranschlagt werden müssen. Einige Jahrzehnte des Nutzungsverzichts reichen nicht annähernd aus, damit – oft seit Jahrhunderten – intensiv genutzte Wälder wieder zu Urwäldern werden. Deshalb ist es wichtig, dass die Naturwaldreservatsforschung konsequent und zielorientiert weitergeführt wird. Mit jeder zusätzlichen Inventur nimmt der Wert der Reservatsdaten zu, weil sich aus längeren Zeitreihen überproportional viel mehr schliessen lässt als aus kürzeren. Zudem benötigen viele der für die Habitatqualität wichtigen Strukturen Zeit, bis sie überhaupt entstehen können. So erwarten wir, dass sich NWR, insbesondere bezüglich der Gigantendichte sowie der Totholzmenge und -qualität, künftig mehr und mehr vom bewirtschafteten Wald unterscheiden werden. Auswertungen der seit 2007 neu erhobenen Habitatmerkmale sowie der umfassenderen Totholzerhebungen werden eine differenziertere Beurteilung der Habitatqualität, und nach Wiederholungsaufnahmen auch von deren zeitlicher Entwicklung, ermöglichen. ■

Eingereicht: 15. März 2012, akzeptiert (mit Review): 21. April 2012

Dank

Wir danken dem Bundesamt für Umwelt für die finanzielle Unterstützung der Projekte «Forschung und Wirkungskontrolle in Schweizer Naturwaldreservaten» und «Landesforstinventar LFI» sowie den zahlreichen an der Datenerhebung und -verarbeitung beteiligten Spezialisten.

Literatur

- BRÄNDLI UB, ABEGG M, BÜTLER R (2011)** Lebensraum-Hotspots für saproxyliche Arten mittels LFI-Daten erkennen. *Schweiz Z Forstwes* 162: 312–325. doi: 10.31888/szf.2011.0312
- BRÄNDLI UB, EDITOR (2010)** Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004–2006. Birmensdorf: Eidgenöss Forsch.anstalt WSL. 312 p.
- BRÄNDLI UB ET AL (2010)** Biologische Vielfalt. In: Brändli UB, editor. Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004–2006. Birmensdorf: Eidgenöss Forsch.anstalt WSL. pp. 187–228.
- BRANG P, COMMARMOT B, ROHRER L, BUGMANN H (2008)** Monitoringkonzept für Naturwaldreservate in der Schweiz. Birmensdorf: Eidgenöss Forsch.anstalt WSL. 58 p.
- BRANG P, HEIRI C, BUGMANN H, EDITORS (2011)** Waldreservate. 50 Jahre natürliche Waldentwicklung in der Schweiz. Bern: Haupt. 272 p.
- BUGMANN H ET AL (2011)** Die Bedeutung von Naturwaldreservaten für die Forschung. In: Brang P, Heiri C, Bugmann H, editors. Waldreservate. 50 Jahre natürliche Waldentwicklung in der Schweiz. Bern: Haupt. pp. 56–71.
- BÜTLER R, BOLLIGER M, SENN-IRLET B, WERMELINGER B (2011)** Naturwälder als Lebensraum. In: Brang P, Heiri C, Bugmann H, editors. Waldreservate. 50 Jahre natürliche Waldentwicklung in der Schweiz. Bern: Haupt. pp. 38–55.
- COMMARMOT B ET AL (2005)** Structures of virgin and managed beech forests in Uholka (Ukraine) and Sihlwald (Switzerland): a comparative study. *For Snow Landsc Res* 79: 45–56.
- CHRISTENSEN M ET AL (2005)** Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. *For Ecol Manage* 210: 267–282.
- CIOLDI F ET AL (2010)** Waldressourcen. In: Brändli UB, editor. Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004–2006. Birmensdorf: Eidgenöss Forsch.anstalt WSL. pp. 31–114.
- EAFV (1983A)** Ertragstafeln Fichte. Birmensdorf: Eidgenöss Anstalt Forstliche Versuchswesen, 3 ed.
- EAFV (1983B)** Ertragstafeln Buche. Birmensdorf: Eidgenöss Anstalt Forstliche Versuchswesen, 3 ed.
- GRABHERR G, KOCH G, KIRCHMEIR H, REITER K (1998)** Hemerobie österreichischer Waldöko-Systeme. Innsbruck: Universitätsverlag Wagner. 493 p.
- HARMON ME, FRANKLIN JF, SWANSON FJ (1986)** Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. In: MacFayden A, Ford ED, editors. *Advances in Ecological Research*, vol 15. London: Academic Press. pp. 133–302.
- HEIRI C, BRANG P, COMMARMOT B, MATTER JF, BUGMANN H (2011)** Walddynamik in Schweizer Naturwaldreservaten: Kennzahlen und Trends. In: Brang P, Heiri C, Bugmann H, editors. Waldreservate. 50 Jahre natürliche Waldentwicklung in der Schweiz. Bern: Haupt. pp. 72–89.
- HEIRI C, WOLF A, ROHRER L, BUGMANN H (2009)** Forty years of natural dynamics in Swiss beech forests: structure, composition and the influence of former management. *Ecol Appl* 19: 1920–1934.
- HEROLD A, STIERLIN HR (1999)** Waldzustand. In: Brassel P, Brändli UB, editors. Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der Zweitaufnahme 1993–1995. Bern: Haupt. pp. 185–231.
- HERRMANN S, CONDER M, BRANG P (2012)** Totholzvolumen und -qualität in ausgewählten Schweizer Naturwaldreservaten. *Schweiz Z Forstwes* 163: 222–231. doi: 10.31888/szf.2012.0222
- HOLEKSA J ET AL (2009)** A giant tree stand in the West Carpathians – an exception or a relic of formerly widespread mountain European forests? *For Ecol Manage* 257: 1577–1585.
- INSTITUT FÜR WALDBAU ETH (1962)** Richtlinien für Aufnahmen in Waldreservaten. Zürich: ETH Zürich, Institut Waldbau. 7 p., unveröffentlicht.
- KELLER M, EDITOR (2005)** Schweizerisches Landesforstinventar. Anleitung für die Felddaufnahmen der Erhebung 2004–2007. Birmensdorf: Eidgenöss Forsch.anstalt WSL. 393 p.
- KELLER W (1978)** Einfacher ertragskundlicher Bonitätsschlüssel für Waldbestände in der Schweiz. *Mitt Eidgenöss Forsch.anst Wald Schnee Landsch* 54: 3–98.

- KOOP H, HILGEN P (1987) Forest dynamics and regeneration mosaic shifts in unexploited beech (*Fagus sylvatica*) stands at Fontainebleau (France). For *Ecol Manage* 10: 135–150.
- KORPEL' Š (1995) Die Urwälder der Westkarpaten. Stuttgart: Gustav Fischer. 310 p.
- LACHAT T, BÜTLER R (2009) Identifying conservation and restoration priorities for saproxylic and old-growth forest species: a case study in Switzerland. *Environ Manage* 44: 105–118.
- MCELHINNY C, GIBBONS P, BRACK C, BAUHUS J (2005) Forest and woodland stand structural complexity: its definition and measurement. For *Ecol Manage* 218: 1–24.
- MEYER P, TABAKU V, VON LÜPKE B (2003) Die Struktur albanischer Rotbuchen-Urwälder – Ableitungen für eine naturnahe Buchenwirtschaft. *Forstwiss Cent.bl* 122: 47–58.
- NILSSON SG ET AL (2002) Densities of large living and dead trees in old-growth temperate and boreal forests. For *Ecol Manage* 161: 189–204.
- OHEIMB G VON, WESTPHAL C, TEMPEL H, HÄRDTLE W (2005) Structural pattern of a near-natural beech forest (*Fagus sylvatica*) (Serrahn, North-east Germany). For *Ecol Manage* 212: 253–263.
- PONTAILLER JY, FAILLE A, LEMEE G (1997) Storms drive successional dynamics in natural forests: a case study in Fontainebleau forest (France). For *Ecol Manage* 98: 1–15.
- PROJEKTLEITUNG WAP-CH, BHP-BRUGGER (2004) Waldprogramm Schweiz (WAP-CH). Bern: Bundesamt Umwelt Wald Landschaft, Schriftenreihe Umwelt 363. 117 p.
- TABAKU V (2000) Struktur von Buchen-Urwäldern in Albanien im Vergleich mit deutschen Buchen-Naturwaldreservaten und -Wirtschaftswäldern. Göttingen: Georg-August-Univ, Fakultät Forstwissenschaften Waldökologie, Dissertation. 206 p.
- VIDOT A, PAILLET Y, ARCHAUX F, GOSSELIN F (2011) Influence of tree characteristics and forest management on tree microhabitats. *Biol Conserv* 144: 441–450.

Sind Naturwaldreservate naturnäher als der Schweizer Wald?

In Naturwaldreservaten (NWR) kann sich der Wald ohne menschliche Eingriffe entwickeln, wodurch die Naturnähe zunehmen und langfristig die Entwicklung zum Urwald ermöglicht werden soll. Anhand von Bestandeskennzahlen des dritten Landesforstinventars (LFI) und aus 25 NWR der langfristigen Schweizer Reservatsforschung untersuchen wir, ob 1) NWR naturnäher sind als der bewirtschaftete Wald, 2) die Naturnähe von Schweizer Wäldern von der Dauer seit der letzten Holznutzung abhängt und 3) inwiefern sich NWR von seit Langem unbewirtschafteten Schweizer Wäldern unterscheiden. Wir beschränken uns dabei auf Buchen-, Tannen-Buchen-, Tannen-Fichten- und Fichtenwälder und gruppieren diese nach dem Zeitpunkt der letzten Holznutzung (0–20, 21–50, > 50 Jahre). NWR unterscheiden sich erst in wenigen der hier untersuchten Merkmale vom in den letzten 20 Jahren bewirtschafteten Wald: Sie haben eine grössere Dichte an dicken Bäumen (Giganten), grössere Stammzahlen und Grundflächen und sind somit vorratsreicher. Die Dürrständerdichte hingegen unterscheidet sich nicht. Die Naturnähe im Schweizer Wald nimmt mit zunehmender Dauer seit der letzten Holznutzung nur leicht zu, indem dünne Dürrständer häufiger und Giganten leicht häufiger werden. Mindestens 50 Jahre unbewirtschafteter Wald unterscheidet sich hingegen deutlich von ebenso lange unbewirtschafteten NWR, welche kleinere Stammzahlen, grössere Grundflächen und mehr Giganten aufweisen. Viele der untersuchten Reservate sind noch geprägt von der früheren Bewirtschaftung und aus Sicht der Urwalddynamik noch entsprechend «jung» und dürften hinsichtlich Naturnähe zwischen Wirtschafts- und Urwald liegen, allerdings noch etwas näher bei Ersterem. Die gefundenen Unterschiede zeigen jedoch, dass sich in den NWR langsam urwaldähnlichere Strukturen entwickeln.

Est-ce que les réserves forestières sont plus «naturelles» que la forêt suisse?

Dans les réserves forestières naturelles (RFN), la forêt se développe en l'absence d'intervention humaine et permet à celle-ci de retrouver à long terme un état de forêt vierge. Sur la base des données du troisième Inventaire forestier national (IFN) et de placettes-échantillons permanentes établies dans 25 RFN en Suisse, nous examinons 1) si les RFN sont dans un état plus naturel que les forêts exploitées, 2) si les forêts suisses deviennent de plus en plus naturelles en fonction du temps écoulé depuis la dernière intervention sylvicole et 3) à quel point les RFN diffèrent des forêts délaissées pendant plusieurs décennies. Nous nous concentrons sur les quatre principaux types de forêts en Suisse, i.e. hêtraie, hêtraie à sapin, pessière et pessière à sapin, et nous les regroupons en fonction de la date de la dernière intervention (0–20, 21–50, > 50 ans). Les caractéristiques structurelles des RFN ne diffèrent que légèrement de celles des forêts dont la dernière intervention remonte à 20 ans. Les RFN ont un plus grand nombre d'arbres de fort diamètre (dhp ≥ 80 cm), un plus grand nombre de tiges et une surface terrière plus élevée, et ont donc un plus grand volume sur pied. Cependant, l'abondance de bois mort sur pied n'est pas fondamentalement différente. Les forêts exploitées deviennent légèrement plus naturelles en fonction du temps depuis la dernière intervention. On peut observer cette tendance par une plus grande abondance de bois mort sur pied de petite dimension et par une légère augmentation de nombre d'arbres de fort diamètre. Au contraire, des différences remarquables peuvent être observées entre les RFN qui ont été créées il y a au moins 50 ans et les forêts exploitées dont les dernières interventions remontent à ce même laps de temps. En effet, les RFN ont un nombre inférieur de tiges, une surface terrière plus grande et un plus grand nombre d'arbres de fort diamètre. La plupart des réserves étudiées démontrent encore une influence de la gestion passée et sont, d'un point de vue de la dynamique naturelle de forêts, encore relativement «jeunes». Les RFN se situent entre la forêt exploitée et vierge, bien que leurs caractéristiques actuelles soient plus proches des forêts exploitées. Néanmoins, les différences constatées dans notre étude indiquent un développement constant des RFN vers des structures de peuplement qui sont caractéristiques des forêts vierges.