Schweizerisches Landesforstinventar



Ergebnisse der
vierten Erhebung
2009–2017

Schweizerisches Landesforstinventar

Ergebnisse der vierten Erhebung 2009–2017

Redaktion

Urs-Beat Brändli, Meinrad Abegg, Barbara Allgaier Leuch

Herausgeber

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf

Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern

Zitierung

Brändli, U.-B.; Abegg, M.; Allgaier Leuch, B. (Red.) 2020: Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der vierten Erhebung 2009–2017. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. Bern, Bundesamt für Umwelt. 341 S.

Abstracts

Schweizerisches Landesforstinventar
Ergebnisse der vierten Erhebung 2009–2017
In den Jahren 2009 bis 2017 fanden die Erhebungen zum vierten Schweizerischen Landesforstinventar (LFI) statt, im Durchschnitt acht Jahre nach der dritten Erhebung. Die Resultate über den Zustand und die Entwicklung des Schweizer Waldes werden umfassend dargestellt und erläutert. Der Bericht ist thematisch strukturiert nach den europäischen Kriterien und Indikatoren zur nachhaltigen Bewirtschaftung des Waldes: Waldressourcen, Gesundheit und Vitalität, Holzproduktion, biologische Vielfalt, Schutzwald und Sozioökonomie. Eine Bilanz zur Nachhaltigkeit, basierend auf LFI-Ergebnissen, schliesst die Publikation ab.
Keywords: Waldfläche, Holzvorrat, Zuwachs, Nutzung, Waldaufbau, Waldzustand, Holzproduktion, Biodiversität, Schutzwald, Erholung, Nachhaltigkeit, Ergebnisse Landesforstinventar, Schweiz

Inventaire forestier national suisse
Résultats du quatrième inventaire 2009-2017
Les relevés du quatrième inventaire forestier national suisse (IFN) ont eu lieu entre 2009 et 2017, en moyenne huit ans après le troisième inventaire. Les résultats sur l'état et l'évolution de la forêt suisse sont présentés et expliqués en détail. Le rapport est structuré thématiquement selon les critères et indicateurs européens pour la gestion durable des forêts : ressources forestières, santé et vitalité, production de bois, diversité biologique, forêt protectrice et socio-économie. L'ouvrage s'achève par un bilan de la durabilité basé sur les résultats de l'IFN.
Mots-clés : surface forestière, volume de bois, accroissement, exploitation, structure de la forêt, état de la forêt, production de bois, biodiversité, forêt protectrice, récréation, durabilité, résultats de l'inventaire forestier national, Suisse

Swiss National Forest Inventory
Results of the fourth survey 2009–2017
The collection of data for the fourth National Forest Inventory (NFI) was carried out from 2009 to 2017, on average eight years after the third survey. The findings about state and development of Swiss forests are described and explained in detail. The report is structured according to the European criteria and indicators for sustainable forest management, namely: forest resources, health and vitality, wood production, biological diversity, protection forest and social economy. Finally, conclusions about sustainability are drawn based on the NFI findings.
Keywords: forest area, growing stock, increment, yield, forest structure, forest condition, timber production, biodiversity, protection forest, recreation, sustainability, results National Forest Inventory, Switzerland

Impressum

Gesamtredaktion: Urs-Beat Brändli, Meinrad Abegg, Barbara Allgaier Leuch
Fachlektorat: Barbara Allgaier Leuch
Textredaktion: Barbara Allgaier Leuch, Urs-Beat Brändli
Tabellenredaktion: Meinrad Abegg, Urs-Beat Brändli
Bildredaktion: Simon Speich, Barbara Allgaier Leuch, Urs-Beat Brändli
Kartenbearbeitung: Marielle Fraefel
Datenanalyse-System: Berthold Traub, Meinrad Abegg, Rolf Meile, Erik Rösler, Simon Speich
Korrektorate: Julia Schwegler-Wieland, Margrit Wiederkehr
Produktionskoordination: Sandra Gurzeler
Gestaltungskonzept, Grafik und Layout: Raffinerie, Zürich
Druck: Odermatt AG, Dallenwil

Am Review der einzelnen Kapitel haben folgende Fachleute mitgewirkt:
WSL: Peter Bebi, Ariel Bergamini, Kurt Bollmann, Leo Bont, Peter Brang, Anton Bürgi, Marco Conedera, Beat Forster, Frank Hagedorn, Karin Tessa Hegetschweiler, Martina Hobi, Marcel Hunziker, Frank Krumm, Thibault Lachat, Oswald Odermatt, Valentin Queloz, Andreas Rigling, Janine Schweier, Oliver Thees, Peter Waldner, Thomas Wohlgemuth, Florian Zellweger, Stephan Zimmermann
BAFU: Sabine Augustin, Roberto Bolgè, Paolo Camin, Claudio De Sassi, Clémence Dirac Ramohavelo, Christoph Dürr, Michael Husistein, Alfred W. Kammerhofer, Therese Plüss, Nele Rogiers, Arthur Sandri, Oliver Schneider

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter http://dnb.d-nb.de abrufbar.

ISBN: 978-3-905621-60-0
DOI: 10.16904/envidat.146
Alle Rechte vorbehalten
Copyright © 2020 by WSL, Birmensdorf
Gedruckt auf Profitop opak
Umschlagbild: Bödmerenwald, Ingo Giezendanner, GRRRR, Zürich

Vorwort

Ein globaler Wandel ist im Gange. Dieser Wandel wird nicht nur durch das sich ändernde Klima verursacht, sondern auch durch die sich ändernden gesellschaftlichen Ansprüche, die mehr natürliche Ressourcen erfordern und so die natürlichen Systeme, die sie produzieren, unter Druck setzen. Auch der Wald ist betroffen. Die kombinierten Auswirkungen wiederholter Trockenperioden und Insektenkalamitäten in den letzten Jahren sind Zeichen dafür. Auch die Stickstoffeinträge sind ein Beispiel, das veranschaulicht, welchen Einflüssen unsere Wälder ständig ausgesetzt sind.

Gerade weil die Wirkungsbeziehungen im Wald komplex sind und sich die Situation laufend verändert, ist es für die Behörden unabdingbar, Entscheidungen auf der Basis von objektiven, verlässlichen Daten treffen zu können. Solche Daten helfen auch bei der Formulierung von Massnahmen, die auf ein gutes Gleichgewicht zwischen Schutz und Nutzung der Waldressourcen abzielen. Zu diesem Zweck wurde das Landesforstinventar (LFI) eingerichtet.

Das LFI ist ein langfristig angelegtes Instrument der Waldbeobachtung. Es erfasst seit bald 40 Jahren laufend den Zustand und die Veränderungen des Waldes. Dadurch können Entwicklungstrends frühzeitig erkannt und analysiert werden. Mit der ersten Erhebung wurde 1983 gestartet. Mittlerweile ist die fünfte Erhebung im Gange. Mit den vorliegenden Ergebnissen der vierten Erhebung wird nun eine weitere Etappe in der langfristigen Waldbeobachtung abgeschlossen.

Das LFI ist die umfassendste Informationsquelle über den Schweizer Wald und seine Ressourcen. Die Waldpolitik 2020 und die nachfolgenden Politiken basieren zu einem grossen Teil auf dessen Daten. Das LFI widerspiegelt das Waldökosystem mit all seinen Funktionen und Dienstleistungen für die Gesellschaft. Es ermöglicht, den Wald von morgen vorzubereiten, indem es über alle Aspekte seiner Nutzung und Pflege berichtet. Kurz gesagt, das LFI ist für das zielgerichtete und nachhaltige Management eines Drittels der Landesfläche unerlässlich geworden.

Das LFI ist ein gemeinsames Projekt des Bundesamtes für Umwelt BAFU und der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. Die WSL ist verantwortlich für die Planung, die Datenerhebung, die Analyse und die wissenschaftliche Interpretation, das BAFU für die waldpolitische Auslegung.



Konrad Steffen
Direktor WSL



Paul Steffen
Direktion BAFU

Mitwirkende LFI4

Zeitraum 2009–2020
Namen in alphabetischer Reihenfolge

Koordination und Projektleitung
WSL: Peter Brassel, Martin Hägeli
BAFU: Thomas Bettler, Paolo Camin, Marjo Kunnala, Hans Peter Schaffer

Mitglieder Projektoberleitung
WSL: Urs-Beat Brändli, Peter Brassel, Martin Hägeli, Marc Hanewinkel, Christoph Hegg, Otto Wildi
BAFU: Paolo Camin, Andreas Götz, Josef Hess, Alfred Kammerhofer, Rolf Manser, Arthur Sandri, Hans Peter Schaffer, Paul Steffen, Marco Zanetti

Kantonale Forstdienste
Die Revierförster und kantonalen Fachstellen für Forsteinrichtung haben bei den Umfragen und bei der Erschliessungserhebung das LFI massgeblich unterstützt.

Projektmitarbeitende WSL
Statistik, Modelle und Prognosen: Markus Didion, Philippe Duc, Anne Herold, Markus Huber, Edgar Kaufmann, Adrian Lanz, Minna Pulkkinen, Brigitte Rohner, Golo Stadelmann, Christian Temperli, Esther Thürig, Beatriz Vidondo, Karin Weggler, Jürgen Zell

Datenbank und Software: Sandro Bischof, Stefan Holm, Rolf Meile, Erik Rösler, Barbara Schneider, Enikö Stüdeli, Berthold Traub, Hagen Zandt

Bedarfsanalyse, Wissenstransfer und Web: Meinrad Abegg, Barbara Allgaier Leuch, Urs-Beat Brändli, Simon Speich, Ulrich Ulmer

Fernerkundung, Modellierung und GIS: Andri Baltensweiler, Leo Bont, Ruedi Bösch, Marielle Fraefel, Christoph Fischer, Christian Ginzler, Martin Hägeli, Heidi Hastedt, Kalin Müller, Bronwyn Price, Nataliia Rehush, Zuyuan Wang, Lars Waser

Datenerhebung Luftbild: Lucinda Laranjeiro, Daniel Übersax

Organisation und Methode Feldaufnahmen: Fabrizio Cioldi, Christoph Düggelin, Markus Keller, Andreas Schwyzer

Datenerhebung Feld: Marc Baume, Marina Beck, Michele Bühler, Markus Dietiker, Björn Dreier, Ruedi Fischer, Fulvio Giudici, Martin Imhof, Dario Klaiss, Paul Koller, Michael Plüss, François Sottas

Dank

Für einen langfristigen Erfolg des Landesforstinventars sind die Qualität und die Relevanz der Daten und Produkte von entscheidender Bedeutung. Jede Phase des Projektes erfordert von den Mitarbeitenden ein hohes Mass an Qualitätsbewusstsein, reflektiertem Engagement und verantwortungsvollem Mitdenken im Team. Die Arbeiten an der WSL reichen von der Bedarfsabklärung, der Entwicklung der Aufnahmemethoden, der Datenerhebung, der Datenanalyse und der statistischen Modellierung bis hin zur Berichterstattung.

Der vorliegende Bericht ist das Ergebnis einer langjährigen Zusammenarbeit im Team. Jede und jeder der Mitwirkenden hat einen unverzichtbaren Teil zum Gelingen beigetragen. Für den grossen persönlichen Einsatz, den Durchhaltewillen und die vielen akribischen Detailarbeiten – die Puzzleteile im Ganzen – möchten wir allen am LFI4 Beteiligten herzlich danken.

Danken möchten wir auch allen hier nicht erwähnten temporären Hilfskräften für die Digitalisierung von Daten und für Programmierarbeiten, den Mitarbeitenden der WSL-Einheiten für ihre fachliche und logistische Unterstützung sowie den Masterstudierenden und den Mitwirkenden in LFI-Zusatzprojekten, die mit ihren Erkenntnissen und Publikationen zum Wert des LFI beigetragen haben.

Martin Hägeli und Urs-Beat Brändli

Inhalt

		Seite	Indikator von Forest Europe
	Zitierung	2	
	Abstracts	2	
	Impressum	3	
	Vorwort	5	
	Mitwirkende LFI4	6	
	Dank	6	
1	**Das Landesforstinventar** Urs-Beat Brändli, Meinrad Abegg, Barbara Allgaier Leuch, Sandro Bischof, Fabrizio Cioldi, Christoph Düggelin, Marielle Fraefel, Christoph Fischer, Christian Ginzler, Adrian Lanz, Rolf Meile, Erik Rösler, Simon Speich, Berthold Traub, Martin Hägeli	11	
1.1	Geschichte und Ziele	13	
1.2	Methoden	17	
1.3	Datenorganisation, Auswertung und Nutzung	26	
1.4	Erläuterungen zu den Ergebnissen	28	
2	**Waldressourcen** Fabrizio Cioldi, Urs-Beat Brändli, Markus Didion, Christoph Fischer, Christian Ginzler, Anne Herold, Markus Huber, Esther Thürig	35	
2.1	Waldfläche und Waldfunktionen	37	1.1
2.2	Standort und Erschliessung	53	
2.3	Holzvorrat, Stammzahl und Baumarten	70	1.2
2.4	Waldtypen, Struktur und Altersaufbau	94	1.3
2.5	Biomasse und Kohlenstoffvorrat	116	1.4

		Seite	Indikator von Forest Europe
3	**Gesundheit und Vitalität** Meinrad Abegg, Markus Huber, Christoph Düggelin	121	
3.1	Bodenzustand	123	2.2
3.2	Baumschäden	127	2.3
3.3	Waldschäden	138	2.4
3.4	Zwangsnutzungen	140	
3.5	Stabilität	143	
4	**Holzproduktion** Christoph Fischer, Brigitte Rohner, Anne Herold, Barbara Allgaier Leuch, Christian Temperli, Fritz Frutig, Leo Bont, Esther Thürig, Erik Rösler	147	
4.1	Planung und Zertifizierung	149	3.5
4.2	Waldbewirtschaftung	154	
4.3	Holzernte	164	
4.4	Zuwachs, Nutzung und Mortalität	172	3.1
4.5	Rundholzsortimente und Derbholznutzung	182	3.2
5	**Biologische Vielfalt** Urs-Beat Brändli, Meinrad Abegg, Christoph Düggelin	189	
5.1	Baumartenvielfalt	191	4.1
5.2	Strukturvielfalt	196	
5.3	Verjüngung	207	4.2
5.4	Eingeführte Baumarten	212	4.4
5.5	Totholz	217	4.5
5.6	Naturnähe und Biotopwert	225	4.3
5.7	Geschützte Wälder	232	4.9

WSL/LFI4

		Seite	Indikator von Forest Europe
6	**Schutzwald** Urs-Beat Brändli, Markus Huber, Christoph Fischer	239	
6.1	Trinkwasserschutz	241	5.1
6.2	Schutz vor Naturgefahren	246	5.2
7	**Sozioökonomie** Christoph Fischer, Urs-Beat Brändli, Barbara Allgaier Leuch, Fabrizio Cioldi	265	
7.1	Eigentum und Bewirtschaftungseinheiten	267	6.1
7.2	Erholung	271	6.10
8	**LFI-Bilanz zur Nachhaltigkeit** Barbara Allgaier Leuch, Meinrad Abegg, Urs-Beat Brändli	279	
8.1	Nachhaltigkeit im Schweizer Wald	288	
8.2	Schweizer Wald im internationalen Vergleich	305	
9	**Anhang** Barbara Allgaier Leuch, Urs-Beat Brändli, Sandra Gurzeler, Simon Speich	313	
9.1	Literaturverzeichnis	315	
9.2	Glossar	322	
9.3	Verwendete Erlasse, Abkürzungen und Symbole	333	
9.4	Stichwortverzeichnis	334	
9.5	Bildnachweis	341	



Das Landesforstinventar (LFI) ist eine periodische Erhebung des Bundes über den Zustand und die Entwicklung des Schweizer Waldes. Im vorliegenden Kapitel werden die Geschichte und die Ziele sowie die Methoden der Datenerhebung und -analyse des LFI vorgestellt, soweit sie für das Verständnis und die Interpretation der im Bericht dargestellten Ergebnisse notwendig sind.

WSL/LFI4

1 Das Landesforstinventar

Urs-Beat Brändli, Meinrad Abegg, Barbara Allgaier Leuch, Sandro Bischof, Fabrizio Cioldi, Christoph Düggelin, Marielle Fraefel, Christoph Fischer, Christian Ginzler, Adrian Lanz, Rolf Meile, Erik Rösler, Simon Speich, Berthold Traub, Martin Hägeli

1.1 Geschichte und Ziele

Erstes Landesforstinventar (LFI1)

Die Idee einer landesweiten Waldinventur geht auf die 1950er-Jahre zurück (Kurt 1957). Damals waren Informationen nur zum öffentlichen, mit Planungswerken eingerichteten Wald verfügbar. Solche zum privaten sowie zum nicht eingerichteten Teil des öffentlichen Waldes fehlten dagegen.

Um den zunehmenden Informationsbedarf zur waldbaulichen Lage in der Schweiz zu decken, wurde im Jahr 1970 eine erste einfache Erhebung mittels einer stichprobenweisen Luftbildinterpretation und Umfragen beim Forstdienst durchgeführt (Ott 1972). In den frühen 1970er-Jahren wurden dann an der damaligen Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen (EAFV; heute Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, WSL) die methodischen Vorbereitungen für eine nationale Inventarisierung des Waldes, das Schweizerische Landesforstinventar (LFI), aufgenommen. Im Zentrum standen die forstlichen Ressourcen. Diese interessierten damals am meisten, und zur Erhebung der übrigen Waldleistungen fehlten die methodischen Grundlagen noch weitgehend (Brändli und Hägeli 2019).

Der eigentliche Startschuss erfolgte 1981, als der Bundesrat die EAFV mit der Durchführung einer landesweiten Stichprobenerhebung im Schweizer Wald beauftragte. Die wesentliche Zielsetzung bestand darin, objektive Grundlagen für die wald- und umweltpolitischen Entscheide des Bundes bereitzustellen. Der Zustand und die Veränderung des Waldes sollten mit wissenschaftlich fundierten Methoden erfasst und beurteilt werden. Der Holzvorrat sollte auf Landesebene auf ±0,5% (p=68%) genau ermittelt werden (Mahrer und Vollenweider 1983). Weil aber im LFI1 die Luftbildinterpretation mangels Ressourcen nicht wie ursprünglich geplant auf einem verdichteten Netz realisiert werden konnte, musste dieses Ziel kurz vor der Datenerhebung auf ± 1,0% (p=68%) korrigiert werden. Als primäre Aussageeinheiten wurden die Schweiz und die Produktionsregionen Jura, Mittelland, Voralpen, Alpen und Alpensüdseite vereinbart.

Die Datenerhebungen wurden 1985 abgeschlossen, die Resultate 1988 in deutscher und 1990 in französischer Sprache publiziert (EAFV 1988, IFRF 1990). Das LFI1 legte mit 11 863 permanenten Waldprobeflächen im 1,0-km-Netz die Grundlage für die langfristige Beobachtung des Waldes.

Zweites Landesforstinventar (LFI2)

1993 löste das Bundesgesetz über den Wald (WaG; SR 921.0) das Forstpolizeigesetz (FPolG) ab. Es verpflichtete den Bund, «für periodische Erhebungen über die Standorte, die Funktionen und den Zustand des Waldes» zu sorgen (Art. 33) und die Behörden und die Öffentlichkeit über die Bedeutung und den Zustand des Waldes zu informieren (Art. 34). Damit waren die gesetzlichen Grundlagen für das Landesforstinventar geschaffen.

Im LFI2 standen die finanziellen Mittel für die Wiederholung der Erhebungen auf dem ursprünglichen terrestrischen Stichprobennetz nicht mehr zur Verfügung. Daher musste auf die Aufnahme von rund der Hälfte der terrestrischen Probeflächen verzichtet werden. Die Feldaufnahmen werden seither im 1,4-km-Netz durchgeführt. Im Gegenzug wurde die Luftbildinterpretation auf ein 0,5-km-Netz verdichtet (siehe Schätzverfahren, Kap. 1.2). Die gewachsenen öffentlichen Interessen am Wald und methodische Entwicklungen bei der Erhebung von Waldfunktionen führten im LFI2 zu einem gegenüber dem LFI1 umfangreicheren Merkmalskatalog. Dieser umfasste vermehrt wirtschaftliche, naturschützerische und ökologische Inhalte sowie Informationen über die Schutzwirkungen des Waldes (Brändli und Hägeli 2019).

Die Luftbildinterpretation, die Feldaufnahmen und die Umfrage wurden von 1993 bis 1995 durchgeführt. Im Ergebnisbericht, der im Jahr 1999 in deutscher, französischer und italienischer Sprache erschien und nach Waldfunktionen gegliedert war, konnten erstmals landesweite Aussagen über die Zuwachs- und Nutzungsverhältnisse im Wald und über die Waldflächenveränderungen veröffentlicht werden (Brassel und Brändli 1999).



Die Mitarbeitenden des vierten Landesforstinventars.

LFI-Wirkungsanalyse und Bedarfsanalyse LFI3

Nach Abschluss des LFI2 gab die Forstdirektion des damaligen Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) eine umfassende Studie in Auftrag, die sowohl die erzielten Wirkungen des LFI als auch den künftigen Bedarf an Waldinformationen abklären sollte. Mit der Wirkungsanalyse konnte gezeigt werden, dass sich das LFI bei den wichtigsten Zielgruppen (Forstdienste des Bundes und der Kantone, Hochschulen und Forschung) als ein unentbehrliches Arbeitsinstrument etabliert hatte und dass bei weiteren Verwaltungsstellen eine Nachfrage nach LFI-Informationen bestand.

Der zweite Teil der Studie offenbarte einen grossen Informationsbedarf, der zur Formulierung von acht Modulen für das LFI3 führte: Basismodul analog der Inventur LFI2, Netzverdichtung mit einem Stichprobenumfang wie im LFI1 und sechs zusätzliche Erhebungen – zum Schutzwald, zu Waldgesellschaften und Natürlichkeit, zur Bodenvegetation, zum Boden, zur Waldgesundheit und zur Lebensraumvielfalt (Bättig *et al.* 2002). Die Ergebnisse dieser Bedarfsabklärung blieben auch relevant für die Weiterentwicklungen von LFI4 und LFI5.

Drittes Landesforstinventar (LFI3)

Gestützt auf die Wirkungs- und Bedarfsanalyse beantragten die WSL und das BUWAL, das LFI3 mit mehreren der in der Bedarfsanalyse vorgeschlagenen Modulen durchzuführen. Aus Kostengründen bewilligte der Bundesrat im August 2002 nur das Basismodul, das heisst die Datenerhebung im Stichprobennetz des LFI2 (1,4-km-Netz) mit erheblich erweitertem Datenkatalog, aber keines der Zusatzmodule. Deshalb wurden die Vegetationseinheiten wie schon im LFI2 modelliert, die Grundlagen hierfür wurden aber verbessert.

Die Luftbildinterpretationen für das LFI3 begannen dann im Jahr 2003, und die Feldaufnahmen und die Umfrage wurden in den Jahren 2004 bis 2006 durchgeführt. Die Kontrolle und Begleitung der LFI-Aktivitäten obliegt seit dem Jahr 2003 der Projektoberleitung LFI (vormalige Gesamtleitung LFI), die sich aus Vertretern des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) und der WSL zusammensetzt. Die Projektoberleitung kontrolliert den Projektfortschritt sowie die Einhaltung der Budgetvorgaben und trifft die wichtigsten inhaltlichen Entscheide.

Für das LFI3 wurden der Datenkatalog und die Berichterstattung (Brändli 2010) erstmals klar auf die internationalen und nationalen Kriterien und Indikatoren zur nachhaltigen Waldbewirtschaftung (Forest Europe *et al.* 2011, Rigling und Schaffer 2015) ausgerichtet. Dementsprechend und basierend auf der Bedarfsanalyse wurde der terrestrische Datenkatalog (Keller 2005) stark erweitert, die Erhebungen wurden auf den Gebüschwald ausgedehnt und im Luftbild wurden im 1,4-km-Netz auch Gehölze ausserhalb des Waldes erhoben (Ginzler *et al.* 2005). Seit dem LFI3 wird das Szenariomodell MASSIMO (Stadelmann *et al.* 2019a) zur künftigen Waldentwicklung verwendet, um die Kapazität des Schweizer Waldes bezüglich Holzversorgung und Minderung des Treibhausgaseffektes zu analysieren. Für die Speicherung, Verwaltung und Analyse der Inventurdaten und deren Verknüpfung mit weiteren Raumdaten wurde das IT-System NAFIDAS entwickelt (Traub *et al.* 2019a). Im Jahr 2012 wurde das LFI3 ähnlich wie zuvor das LFI2 durch eine private Firma evaluiert (Bernath *et al.* 2013).

Viertes Landesforstinventar (LFI4)

Über die bislang gewichtigste methodische Änderung beim LFI wurde im Vorfeld des LFI4 entschieden: den Wechsel von einer periodischen zu einer kontinuierlichen Erhebung. Bis anhin (LFI1, LFI2, LFI3) erfolgte die Datenerhebung periodisch innerhalb von drei bis vier Jahren, wobei jedes Jahr ein anderes Gebiet inventarisiert wurde. Seit dem LFI4 wird nun ohne Unterbruch jährlich ein Neuntel der Stichprobe im Luftbild interpretiert und terrestrisch erhoben. Diese neun Jahresnetze (4,2-km-Netze) sind systematische Unternetze des 1,4-km-Netzes und decken jeweils die ganze Schweiz ab. Nach jeweils fünf Erhebungsjahren erscheint ein erster Zwischenbericht. Nach neun Jahren, wenn sämtliche Probeflächen des 1,4-km-Netzes erhoben sind, folgt der abschliessende Ergebnisbericht. Auch wesentliche Änderungen im Datenkatalog und in der Methode folgen diesem 9-Jahres-Zyklus (Brändli und Hägeli 2019). Die Vorteile dieses kontinuierlichen

Systems liegen darin, jährliche Zustände (Zeitreihen) jeweils für die ganze Schweiz erzeugen und in kürzeren Intervallen berichten zu können. Zudem verteilt sich der Arbeitsaufwand gleichmässiger über die Zeit und das Wissen der Mitarbeiter bleibt kontinuierlich erhalten. Die Erhebungen zum LFI4 fanden in den Jahren 2009 bis 2017 statt.

Die Zielsetzungen des LFI4 sind im Wesentlichen identisch mit jenen der Vorinventuren. Gegenüber dem LFI3 hat sich auch der Informationsbedarf kaum verändert, weshalb der Datenkatalog zu den Feldaufnahmen und zur Umfrage nur wenige Ergänzungen erfahren hat. Sie betreffen die Themenbereiche Holzproduktion (Waldstrassenklassierung) und Biodiversität (Waldameisenerhebung, Baumalter) sowie die systematische Fotodokumentation der Probeflächen (Brändli und Hägeli 2019; Keller 2013a; Keller 2013b).

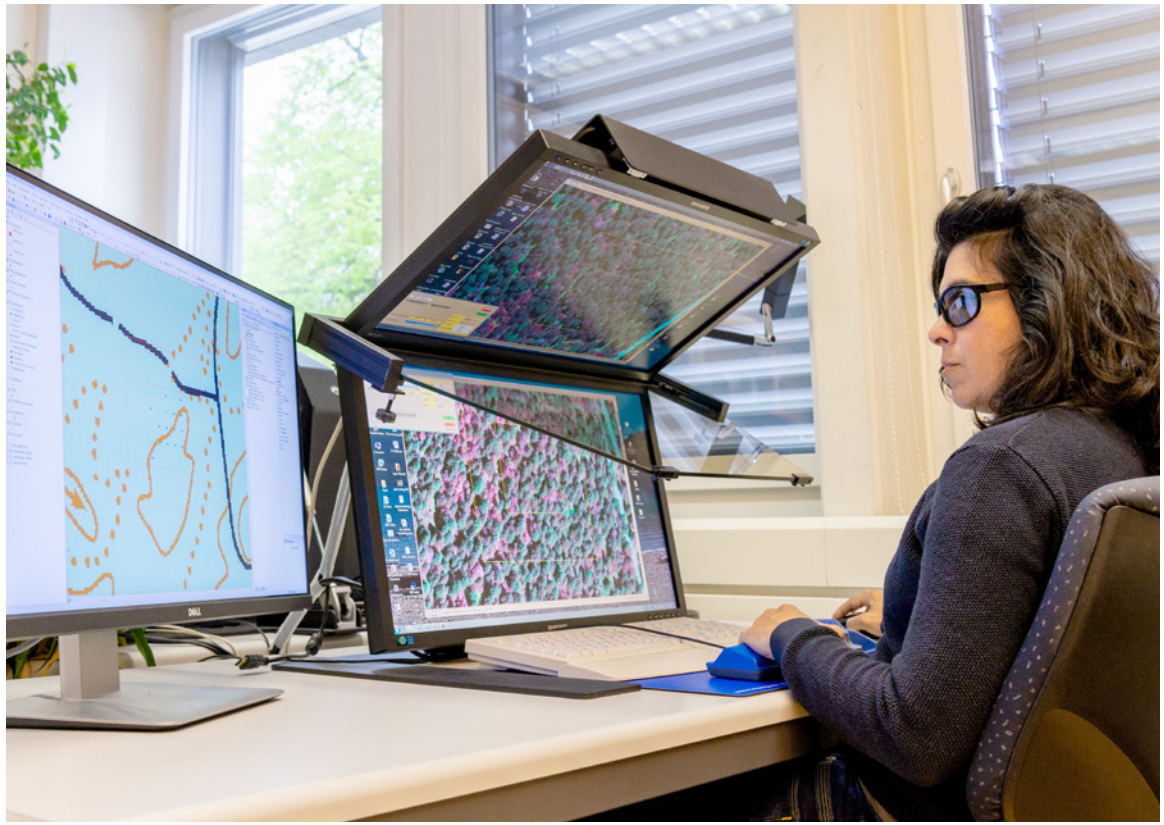
Die Luftbildinterpretation wurde auf das 1,4-km-Netz reduziert. Sie dient insbesondere zur Identifikation von Stichprobepunkten, die vermutlich neu im Wald liegen und von Feldteams aufzusuchen sind. Auf die Luftbildkartierung von Gehölzen ausserhalb des Waldes wie im LFI3 wurde verzichtet. Dagegen wurde basierend auf stereoskopischen Luftbildern ein flächendeckendes Vegetationshöhenmodell entwickelt (Ginzler und Hobi 2015), das auch Informationen über Gehölze ausserhalb des Waldes liefert. Aus diesem Vegetationshöhenmodell wurde basierend auf der Walddefinition gemäss LFI eine Waldmaske abgeleitet (Waser *et al.* 2015). Als weiterer flächendeckender Datensatz wurde der Waldmischungsgrad entwickelt (Waser *et al.* 2017).

Die Ziele und Leistungen des LFI sowie deren Finanzierung werden alle vier Jahre zwischen BAFU und WSL neu vereinbart. Das laufende Mandat für das LFI4 und das LFI5 umfasst ein «Basismodul» sowie die Zusatzmodule «Schutzwald», «Holznutzungspotenzial (HNP)», «Biodiversität», «Treibhausgasinventar (THGI)» und «Internationales». Jedes Modul wird durch je einen Vertreter von BAFU und WSL geleitet. Die Leiter des Basismoduls sind gleichzeitig die Projektleiter des LFI. Sie haben Einsitz in der Projektoberleitung, dem Steuerungsorgan des LFI, zusammen mit den jeweiligen Entscheidungsträgern aus den Direktionen von BAFU und WSL.

Berichterstattung LFI4

Der vorliegende Bericht enthält die wichtigsten Ergebnisse des LFI4 und deren wissenschaftliche Interpretation aus Sicht der mit der Planung und der Durchführung des LFI betrauten WSL. Die wald- und umweltpolitische Interpretation erfolgt durch das BAFU, beispielsweise in den periodischen Wald- und Umweltberichten oder bei der Evaluierung der nationalen Waldpolitik. Daten und Informationen aus dem LFI werden auch für die Berichterstattung im Rahmen von internationalen Prozessen und Konventionen verwendet. Ein Beispiel ist das von der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) gemeinsam mit der ebenfalls bei den Vereinten Nationen angesiedelten Wirtschaftsorganisation für Europa (UNECE) durchgeführte «Global Forest Resources Assessment» (FRA), für welches das LFI seit 1985 im 5-Jahres-Rhythmus wesentliche Teile der nationalen Berichte bereitstellt und im internationalen Expertengremium massgeblich mitwirkt. Ähnliches gilt für die im Rahmen von Forest Europe, der Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa, vereinbarte Berichterstattung zum Zustand der europäischen Wälder («State of Europe's Forests»; SoEF) sowie für die von der Schweiz mit der Unterzeichnung des Kyoto-Protokolls eingegangene Verpflichtung zur Treibhausgas-Berichterstattung innerhalb der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen («United Nations Framework Convention on Climate Change»; UNFCCC).

1.2 Methoden



WSL/LFI4

Die stereoskopische Luftbildinterpretation liefert Informationen für den terrestrischen Waldentscheid.

Stichprobeninventur

Eine Vollerhebung des Schweizer Waldes, also die Messung aller Bäume, wäre viel zu aufwendig. Deshalb ist das LFI als Stichprobeninventur konzipiert. Bei solchen wird aus der Grundgesamtheit (Population), im LFI aus dem Schweizer Wald, zufällig ein kleiner Teil (die Stichprobe) ausgewählt und detailliert erfasst. Mithilfe statistischer Methoden wird aus der Stichprobe auf die gesuchten Parameter (im LFI «Zielgrössen» genannt) der Population geschlossen. Zu diesen Zielgrössen sind im LFI meist die Summen (Totale), Mittelwerte oder Anteile gefragt. Schätzungen aus Zufallsstichproben in der Art des LFI sind objektiv und allgemein akzeptiert, unter anderem deshalb, weil die Genauigkeit der Schätzungen angegeben werden kann.

Mit der terrestrischen Stichprobeninventur lassen sich sehr viele Standort-, Bestandes- und Baummerkmale mit hoher Genauigkeit im Detail erheben. Jede Probefläche für sich ist zwar nur ein sehr kleiner Ausschnitt aus der Grundgesamtheit, aber

zusammen ergeben die Probeflächen ein umfassendes Abbild vom Zustand des Waldes und – wegen der wiederholten Datenerhebung auf denselben Probeflächen – von der Entwicklung des Schweizer Waldes über die letzten rund 30 Jahre.

Die terrestrische Probendichte wurde im LFI2 aus finanziellen Gründen um die Hälfte – vom 1-km-Netz auf das 1,4-km-Netz – reduziert und seither beibehalten. Die Stichprobenfehler haben dementsprechend um den Faktor 1,4 zugenommen. Um diesen negativen Effekt zu vermindern, werden seit dem LFI2 zweiphasige Schätzverfahren angewendet (siehe unten).

Stichprobennetze

Die Probeflächen des LFI liegen auf den Schnittpunkten von quadratischen Gitternetzen, welche die Landesfläche vollständig abdecken (systematische Stichproben). Die Netzdichte und damit die Anzahl Probeflächen in der Stichprobe leiten sich aus der Zielsetzung ab, die im LFI «zuverlässige» Schätzungen für die wichtigsten Zielgrössen in den fünf Produktionsregionen und für die gesamte Schweiz vorsieht. Bei einer Stichprobenerhebung sind die Schätzungen dann zuverlässig, wenn sie trotz der stichprobenbedingten Ungenauigkeit für die Fragestellung relevante Informationen liefern.

Im LFI1 wurde ein quadratisches Netz mit einer Maschenlänge von 1,0 km gewählt, also eine Probefläche pro Quadratkilometer. Von den schweizweit insgesamt 41 279 Schnittpunkten des quadratischen Gitternetzes lagen damals 11 863 im Wald, davon 551 im Gebüschwald und 11 312 im Wald ohne Gebüschwald (Tab. **001**).

001 **Stichprobennetze und Anzahl Probeflächen nach Inventur**

	LFI1	LFI2	LFI3	LFI4
Luftbildnetze	1,0-km-Netz	0,5-km-Netz	0,5-km-Netz	1,4-km-Netz
Gesamtfläche (Wald und Nichtwald)	41 279	165 153	165 153	20 638
terrestrische Basisnetze	1,0-km-Netz	1,4-km-Netz	1,4-km-Netz	1,4-km-Netz
Gesamtfläche (Wald und Nichtwald)	41 279	20 638	20 638	20 638
Wald	11 863	6 160	6 462	6 617
Wald ohne Gebüschwald	11 312	5 861	6 120	6 258
Gebüschwald	551	299	342	359
zugänglicher Wald ohne Gebüschwald	10 981	5 679	5 920	6 042
terrestrische Zusatznetze		4,0-km-Netz	4,0-km-Netz	
Gesamtfläche (Wald und Nichtwald)		2 585	2 574	
Wald		789	763	
Netze im Vegetationshöhenmodell				0,1-km-Netz
Gesamtfläche (Wald und Nichtwald)				4 128 476
Probeflächen mit wiederholten Erhebungen im Basisnetz				
zugänglicher Wald ohne Gebüschwald		1,4-km-Netz	1,4-km-Netz	1,4-km-Netz
LFI1/LFI2		5 456		
LFI2/LFI3			5 581	
LFI3/LFI4				5 824
LFI1/LFI2/LFI3/LFI4				5 318

Im LFI2, im LFI3 und im LFI4 wurden die Datenerhebungen auf einer Unterstichprobe des LFI1-Netzes wiederholt. Das quadratische Netz liegt diagonal zum Originalnetz des LFI1. Die Maschenlänge dieses sogenannten Basisnetzes beträgt 1,414 km (√2) und ergibt eine Probe pro zwei Quadratkilometer. Von den insgesamt 20638 Schnittpunkten des Basisnetzes lagen im LFI2 6160, im LFI3 6462 und im LFI4 6617 im Wald. Davon entfielen im LFI4 359 auf den Gebüschwald und 6258 auf den Wald ohne Gebüschwald.

Um die Probeflächen rascher zu finden, wurden deren Versicherungspunkte bis zum LFI3 gut sichtbar markiert. Solche Markierungen bergen die Gefahr, dass sie die Bewirtschafter des Waldes (unbewusst) beeinflussen. Wäre dies der Fall, würde die Stichprobe ihre Repräsentativität verlieren. Um diesen Effekt zu überprüfen, wurde im LFI2 und im LFI3 neben dem Basisnetz auch je ein Zusatznetz beprobt (Tab. **001**). Daraus ergaben sich keine Hinweise auf eine beeinträchtigte Repräsentativität des LFI-Stichprobennetzes (Traub 2001).

Im LFI4 wurde kein Zusatznetz zur Überprüfung der Repräsentativität beprobt. Hingegen wurden zur Vermeidung einer künftigen Beeinflussung der Waldbewirtschafter gut sichtbare Markierungen von Versicherungspunkten aus früheren Erhebungen entfernt und im Gegenzug die exakten Koordinaten der Probeflächenzentren mit präzisen Empfängern für globale Navigationssatellitensysteme (GNSS) bestimmt. Zudem nahmen die Feldteams jeweils fünf Fotos auf den Probeflächen auf und markierten ausserhalb von Lawinengebieten die Probeflächenzentren in Ergänzung zu den Aluprofilen mit Recco-Reflektoren (Düggelin *et al.* 2019).

Für Zustandsauswertungen werden in der Regel alle Probeflächen der jeweiligen Inventur verwendet. Im LFI1 sind dies die Probeflächen im 1-km-Netz, im LFI2 und im LFI3 die Probeflächen im Basisnetz (1,4-km-Netz) plus die Probeflächen des jeweiligen Zusatznetzes und im LFI4 die Probeflächen im Basisnetz. Veränderungen werden dagegen nur mithilfe jener Probeflächen des Basisnetzes geschätzt, die in jeder der verglichenen Inventuren aufgenommen worden sind. Auch für Zustandsvergleiche zwischen Inventuren werden in der Regel nur diese Probeflächen mit wiederholten Erhebungen im Basisnetz verwendet.



Vom Probeflächenzentrum aus werden mit dem Wyssen-Kompass die Azimute der Bäume und der Versicherungspunkte gemessen und im Feldcomputer erfasst.

WSL/LFI4

002 **Schätzfehler für den Vorrat nach Schätzverfahren und Stratum**

Schätzfehler in %

Zielgrösse	Inventur	Schätzverfahren	Stratum			
			Schweiz %	Alpensüdseite %	Eichen %	Privatwald %
Vorrat [m^3]	LFI1	einphasig	1,1	3,4	4,7	2,0
		zweiphasig	0,7	2,5	4,5	1,7
	LFI2	einphasig	1,4	4,2	6,6	2,6
		zweiphasig	0,9	3,0	6,4	2,3
	LFI3	einphasig	1,4	4,0	6,8	2,6
		zweiphasig	0,9	2,8	6,6	2,3
	LFI4	einphasig	1,5	4,0	7,0	2,7
		zweiphasig	0,9	2,7	6,7	2,3

Die meisten Auswertungen beziehen sich auf die Probeflächen im Wald ohne Gebüschwald, die für die Aufnahmegruppen ohne Risiko zugänglich waren. Diese Auswertungseinheit (vgl. Kap. 1.4) wird im LFI als «zugänglicher Wald ohne Gebüschwald» bezeichnet. Für Veränderungsauswertungen wird die Schnittmenge gebildet und es werden nur diejenigen Probeflächen einbezogen, die in allen berücksichtigten Inventuren zugänglich gewesen und als Wald ohne Gebüschwald taxiert worden sind. Die Anzahl der in den jeweiligen Auswertungseinheiten enthaltenen Probeflächen ist in Tabelle **001** angegeben.

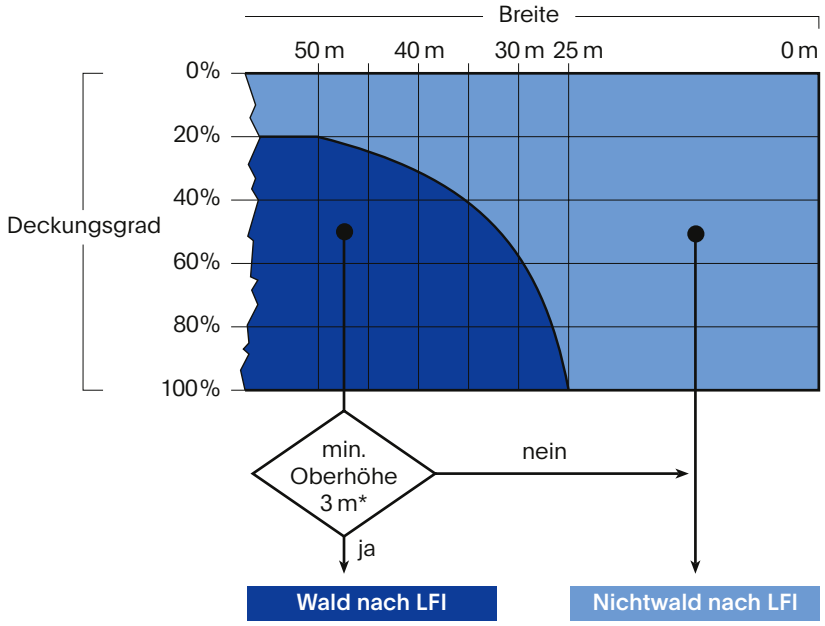
Im Zuge der technischen Weiterentwicklungen erfuhr das für die Luftbildinterpretation verwendete Netz bei fast jeder Inventur eine Änderung: Während im LFI1 das 1,0-km-Netz verwendet wurde, gelangte im LFI2 und im LFI3 ein 0,5-km-Netz zum Einsatz. Im LFI4 wurde die Luftbildstichprobe auf das 1,4-km-Netz der terrestrischen Erhebung reduziert. Im Gegenzug wurden, basierend auf stereoskopischen Luftbildern, ein flächendeckendes Vegetationshöhenmodell und eine Waldmaske LFI entwickelt und im 100-m-Netz an insgesamt 4 128 476 Schnittpunkten der Landesfläche Schweiz automatisch auf Wald/Nichtwald und Vegetationshöhe beprobt.

Schätzverfahren

Weil im LFI2 der Umfang der terrestrischen Inventur gegenüber dem LFI1 halbiert wurde, musste nach Möglichkeiten gesucht werden, die damit einhergehenden grösseren Stichprobenfehler (Faktor $\sqrt{2} = 1{,}4$) wenigstens für die wichtigsten Zielgrössen «Vorrat», «Biomasse» und «Waldfläche» zu reduzieren. Die Lösung wurde in einem zweiphasigen Schätzverfahren (Köhl 1994) gefunden, bei dem die Hilfsinformationen in einem verdichteten Netz aus dem Luftbild (erste Phase) zur Stratifizierung der terrestrischen Stichprobe (zweite Phase) verwendet werden (Brassel und Lischke 2001). Die Stichprobenpunkte der zweiten Phase bilden eine bezüglich Lage identische, systematische Unterstichprobe der systematisch verteilten Stichprobenpunkte der ersten Phase. Im LFI2 und im LFI3 wurden die Straten mithilfe von Merkmalen aus der Luftbildinterpretation im 500-m-Netz gebildet. Im LFI4 wurden für die Stratenbildung im Wesentlichen Attribute aus der Waldmaske (Version 2015) und dem Vegetationshöhenmodell (Version 2015) gewonnen. Dabei wurde auf eine möglichst genaue Schätzung des Vorrates optimiert (Pulkkinen *et al.* 2018; Lanz *et al.* 2019). Es darf angenommen werden, dass diese Stratifizierung auch für die Schätzung von Biomasse und Zuwachs optimal ist. Diese Straten werden für sämtliche LFI-Auswertungen unverändert übernommen. Dadurch bleiben die Schätzergebnisse numerisch exakt und additiv (Lanz *et al.* 2019).

Das zweiphasige Stichprobenverfahren reduziert die Schätzfehler, beeinflusst aber die Schätzungen nicht, diese bleiben unverzerrt. Durch dieses Verfahren konnte der Schätzfehler für den Vorrat der Schweiz im LFI2 von 1,4% auf 0,9% gesenkt werden, jener für die Region Alpensüdseite von 4,2% auf 3,0%, also gar etwas unter die Schätzfehler des einphasigen Stichprobenverfahrens im

003 **LFI-Walddefinition**



* unabhängig von der Oberhöhe gelten als Wald: Aufforstungen, Verjüngungen, Legföhren- und Alpenerlenbestände sowie Schlag- und Schadenflächen

WSL/LFI4

LFI1 (Tab. **002**). Die Schätzfehlerreduktion des zweiphasigen Verfahrens kommt allerdings nur bei Schätzern zum Tragen, die in Verbindung mit den Hilfsgrössen der ersten Phase stehen, im LFI4 konkret mit der Waldfläche und der Vegetationshöhe (Pulkkinen *et al.* 2018; Lanz *et al.* 2019). Auf die Schätzfehler beispielsweise des Vorrates einer einzelnen Baumart wie der Eiche oder des Vorrates im Privatwald hat die erste Phase mit den erwähnten Hilfsgrössen fast keinen Einfluss. Dementsprechend sind die Effizienzgewinne bei den meisten Nachhaltigkeitsindikatoren (Kap. 8) gering, und die Genauigkeitsverluste, die sich aus der Halbierung des Stichprobenumfangs vom LFI1 zum LFI2 ergeben, können nicht kompensiert werden.

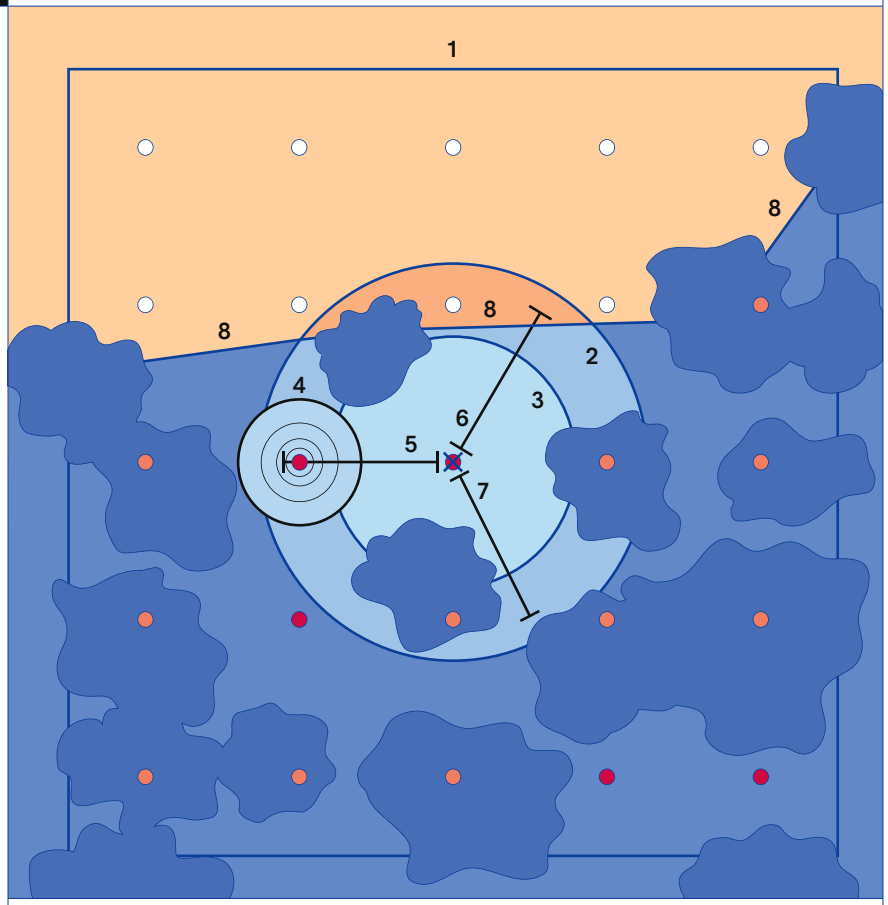
Walddefinition

Die eindeutige Abgrenzung des Waldareals gegenüber der restlichen Landesfläche ist eine wichtige Grundlage für die Inventur. Die Walddefinition des LFI legt fest, welche Probeflächen als Wald (inklusive Gebüschwald) oder als Nichtwald gelten. Würde die Walddefinition zwischen zwei Inventurzyklen geändert, würden sich die Grundgesamtheit und somit die nachgewiesene Waldfläche methodenbedingt ändern. Deshalb wird für den Waldentscheid in allen vier bisherigen Inventuren dieselbe Walddefinition verwendet. Diese stützt sich auf den Deckungsgrad, die Breite und die Oberhöhe der Bestockung (Mahrer 1976).

Abbildung **003** zeigt, welche Mindestanforderungen für die genannten Kriterien erfüllt sein müssen, damit eine Fläche als Wald gilt. Die Grenzkurve stellt den Zusammenhang zwischen Deckungsgrad und Waldbreite dar. Eine bestockte Fläche mit einem Deckungsgrad von mindestens 20% und einer minimalen Breite von 50 m gilt im LFI als Wald. Ist eine Bestockung schmaler, muss ihr Deckungsgrad höher sein, um noch als Wald klassiert zu werden. Zudem muss die Oberhöhe einer Bestockung mindestens 3 m betragen, mit Ausnahme von Jungwaldflächen, Aufforstungen, Schlag- und Schadenflächen sowie mit Legföhren und Alpenerlen bestockten Flächen.

Als Gebüschwald gelten Legföhren- und Alpenerlenbestockungen sowie alle Bestockungen, deren Deckungsgrad zu mehr als zwei Dritteln von Sträuchern stammt. Nicht als Wald gelten Obst- und Christbaumkulturen im Landwirtschaftsareal und im Siedlungsraum, Gartenanlagen, Baumschulen, Pärke und Alleen, befestigte Strassen und Bäche mit mehr als 6 m Breite sowie Bahn- und Skiliftrassen. Die Walddefinition des LFI orientiert sich an der Schweizer Legaldefinition und liegt in deren Ermessensspielraum, stimmt aber als naturwissenschaftliche Walddefinition nicht in allen Aspekten mit jener des Waldgesetzes überein (Mahrer 1976).

004 Aufbau einer LFI-Probefläche



1 Interpretationsfläche für Bestandes- und Flächenmerkmale (50 × 50 m)
2 Kreisfläche für Gehölze ab 36 cm BHD (500 m^2)
3 Kreisfläche für Gehölze ab 12 cm BHD (200 m^2)
4 Kreisflächen für Jungwaldaufnahme
Höhenklasse 10–39 cm: 2,5 m^2
Höhenklasse 40–129 cm: 7,1 m^2
BHD-Klasse 0,1–3,9 cm: 19,6 m^2
BHD-Klasse 4,0–11,9 cm: 50,3 m^2
5, 6, 7 Transektstrecken für die Erhebung von liegendem Totholz
8 Waldbegrenzungslinie (WBL)
× Probeflächenzentrum
Luftbildrasterpunkte
○ Rasterpunkt ausserhalb WBL
● Rasterpunkt auf Bestockungsglied
● Rasterpunkt andere Bodenbedeckung

Luftbildinterpretation

Analoge und digitale Luftbilder und Luftbildstreifen, die vom Bundesamt für Landestopografie (swisstopo) zur Verfügung gestellt werden, sind seit den Anfängen des LFI ein unentbehrliches Hilfsmittel. Erstens erlauben sie es, offensichtliche Nichtwaldprobeflächen zu identifizieren, welche die Feldteams nicht besuchen müssen. Zweitens werden aus dem Luftbild die Koordinaten von Fixpunkten in der Nähe von neuen Probeflächen ermittelt, die den Aufnahmegruppen das Auffinden und genaue Einmessen derselben im Gelände erleichtern. Drittens wird auf den Luftbildern seit dem LFI2 eine eigenständige Stichprobeninventur mit Wald/Nichtwald-Entscheid und weiteren Merkmalen durchgeführt.

Als Bildmaterial kamen im LFI3 digitalisierte Echtfarben-Luftbilder mit einem mittleren Massstab von 1:30000 zum Einsatz. Dies bedeutete einen entscheidenden operationellen, aber auch inhaltlichen Unterschied zum LFI1 und zum LFI2, wo analoge Schwarz-Weiss-Luftbilder verwendet wurden. Dadurch konnten Synergien mit anderen Bundesstellen (swisstopo, Bundesamt für Statistik) genutzt sowie Arbeitsabläufe automatisiert und beschleunigt werden. Im LFI3 wurden zuerst die Probeflächen auf dem 1,4-km-Netz der terrestrischen Inventur interpretiert, und anschliessend wurde auf das 1,0-km-Netz und das 0,5-km-Netz verdichtet (Ginzler *et al.* 2005).

Seit dem LFI4 wird nur noch das 1,4-km-Netz interpretiert, jährlich auf einem anderen der neun Unternetze. Dabei kommen jeweils immer die aktuellsten Luftbilder zum Einsatz (Ginzler 2019). Die Interpretation erfolgt neu auf digitalen Farbinfrarot-Stereo-Luftbilddaten des ADS80-Sensors von swisstopo.

Interpretiert wurde in allen Inventuren auf einem Quadrat von 50 m Seitenlänge, analog zur terrestrischen Inventur. Lag eine Probefläche in Waldrandnähe, wurde die Waldbegrenzungslinie (WBL) bestimmt und davon die Waldbreite abgeleitet. Aus der WBL wurde später die Waldrandlänge berechnet. Neben der WBL wurde vor allem die Bodenbedeckung detailliert erhoben. Auf 25 Rasterpunkten sprachen die Interpreten den Bodenbedeckungstyp und die Oberflächenhöhe an (Abb. **004**). Sie unterschieden elf Bodenbedeckungstypen (Ginzler *et al.* 2005). Mit dem Bodenbedeckungstyp und der Höhe über Grund aller Rasterpunkte wurde innerhalb der WBL der Deckungsgrad der Vegetationspunkte ab 3 m Höhe berechnet.

Anhand des ermittelten Deckungsgrades und der Waldbreite wurde für jede Probefläche ein Wald/Nichtwald-Entscheid gemäss der LFI-Walddefinition gefällt. Auf den Waldprobeflächen wurden weitere Bestandesmerkmale erhoben. In Ergänzung zu diesen

Stichprobedaten wurden im LFI4 anhand der Luftbilder erstmals auch flächendeckende Datensätze wie das Vegetationshöhenmodell, die Waldmaske und der Waldmischungsgrad entwickelt (Ginzler und Hobi 2015; Waser *et al.* 2015; Waser *et al.* 2017).

Terrestrische Inventur

Seit dem LFI4 erfolgt die Datenerhebung im Feld wie auch im Luftbild kontinuierlich (Abb. **005**). Dabei wird jedes Jahr über die gesamte Schweiz ein Neuntel aller Probeflächen aufgenommen (Cioldi und Keller 2019). Diese liegen auf neun sogenannten Jahresnetzen, die systematische Unternetze des 1,4-km-Basisnetzes sind (Abb. **006**). Die Luftbildinterpretation erfolgt jeweils einige Monate vor den Feldaufnahmen. Obschon immer das aktuellste Luftbildmaterial verwendet wird, ergibt sich durch den Flugplan der swisstopo ein Zeitabstand zwischen der Befliegung (Datum der Luftbilder) und der terrestrischen Erhebung (Abb. **007**). Im LFI4 betrug er maximal zwölf Jahre, wobei er sich grösstenteils zwischen einem und vier Jahren bewegte. Er zeigt ein wesentlich homogeneres Bild über die Schweiz als bei den periodischen Vorinventuren. Jahreszeitlich richtet sich die terrestrische Inventur nach der Höhenlage der Probeflächen.

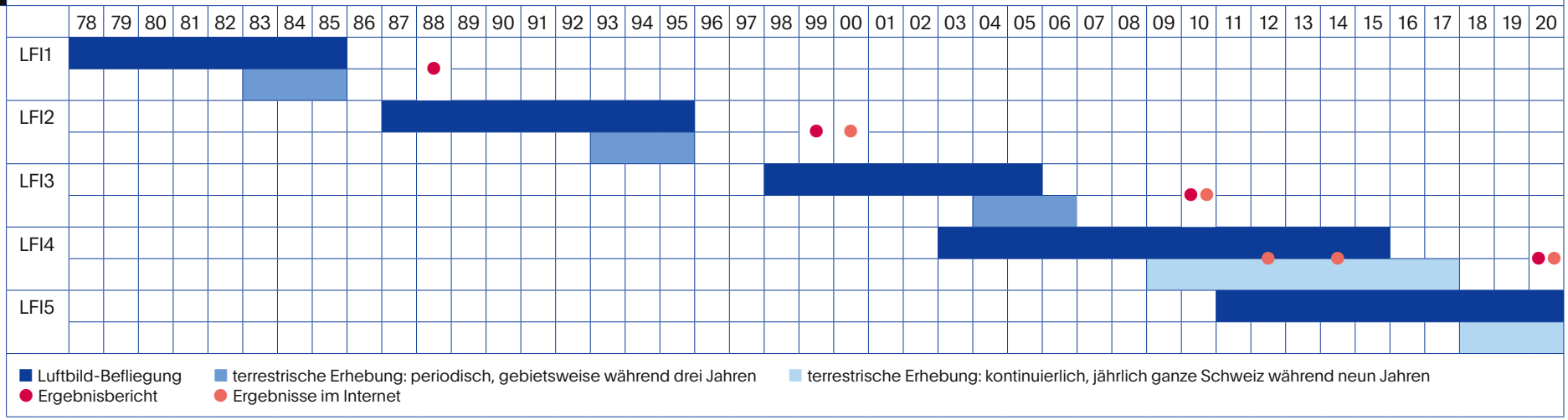
Grösse und Form der terrestrischen Probeflächen wurden im LFI4 mit Ausnahme der Jungwalderhebung unverändert von den bisherigen Inventuren übernommen. Die wichtigsten Baumdaten wurden auf zwei konzentrischen Kreisflächen erhoben (Düggelin *et al.* 2019). Auf der Kreisfläche von 200 m^2 wurden alle Gehölze mit einem Brusthöhendurchmesser (BHD) ab 12 cm, auf jener von



Das LFI führt als einzige Nationalinventur zu jeder Probefläche eine Befragung der lokalen Förster und Försterinnen durch.

WSL/LFI4

005 **Jahre der Datenerhebung und der Berichterstattung im LFI**



500 m² alle Gehölze mit einem BHD ab 36 cm vermessen und beurteilt. Flächenbezogene Merkmale zum Bestandesaufbau und zum Standort wurden auf einer quadratischen Interpretationsfläche mit 50 m Seitenlänge erhoben (Abb. **004**). Die Jungwalderhebung für Bäumchen ab einer Höhe von 10 cm erfolgte im LFI4 auf vier vom Probeflächenzentrum versetzten konzentrischen Kreisflächen.

006 **Stichprobennetze des LFI4**



Anordnung der Probeflächen aus den neun systematischen Jahresnetzen (1 bis 9), verteilt über Wald (blau) und Nichtwald (weiss)

Das liegende Totholz wurde wie im LFI3 entlang von drei Transektlinien erfasst. Bei Probeflächen am Waldrand wurde dessen Aufbau und Artenzusammensetzung auf einer Taxationsstrecke von 50 m Länge erhoben. Der Arbeitsablauf auf der Probefläche und alle erhobenen Merkmale sind in der Aufnahmeanleitung beschrieben (Keller 2013a).

Die Feldaufnahmegruppen waren mit mobilen Datenerfassungsgeräten ausgerüstet. Das an der WSL entwickelte Erfassungsprogramm prüft die Plausibilität bei der Dateneingabe bereits im Feld (Bischof *et al.* 2019). Die im Feld erfassten Daten wurden täglich über das Mobilfunknetz an die WSL gesendet und in eine relationale Datenbank abgespeichert.

Umfragen und Kartenerhebungen

Eine Umfrage beim örtlichen Forstdienst ergänzte die terrestrischen Aufnahmen mit Informationen über Waldfunktionen, Waldentstehung, Erholungsnutzung, Waldweide, Flächenschäden, Planungsgrundlagen sowie Nutzungs-, Eigentums- und Holzernteverhältnisse (Keller 2013b). Die Umfrage wurde gegenüber dem LFI3 geringfügig erweitert und in zwei Tranchen 2013 und 2017 durchgeführt. Das bereits seit dem LFI2 erfasste Waldstrassennetz wurde aktualisiert, wobei alle Änderungen auf analogen Karten im Massstab 1:25 000 eingetragen und anschliessend digitalisiert wurden. Eine wesentliche Erweiterung bestand in der detaillierten Erhebung der Befahrbarkeit (Strassenbreite, Fahrzeugtyp, zulässiges Gesamtgewicht, Hindernisse) (Müller *et al.* 2016; Fischer und Fraefel 2019).

Neben der terrestrischen Inventur, der Luftbildinterpretation und der Umfrage werden im LFI auch externe Datenquellen wie thematische Karten, Höhenmodelle oder Modelle zur Standortgüte und zur potenziellen natürlichen Vegetation genutzt.

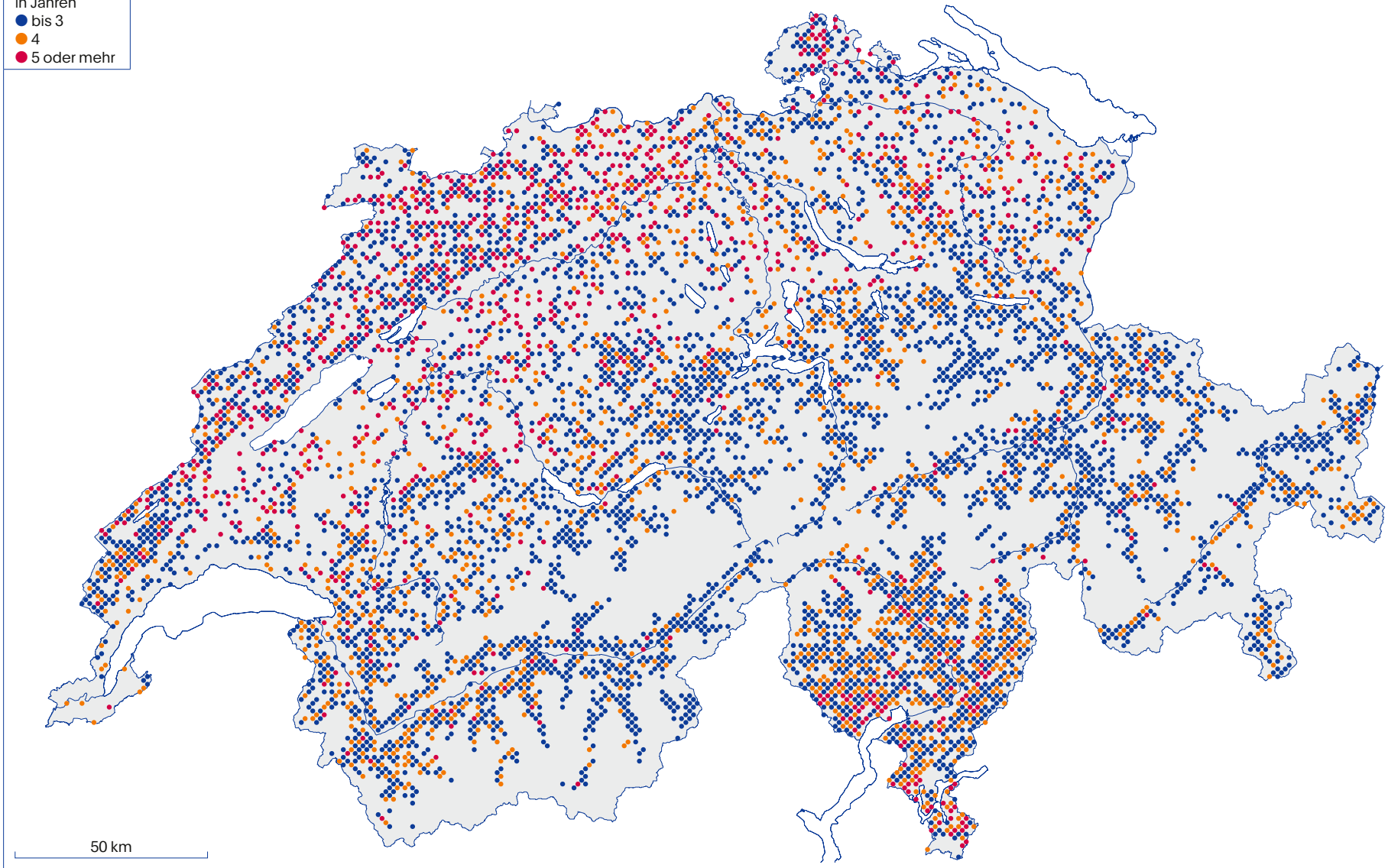
Datenqualität

Die Qualität der Datenerhebung wurde mit Wiederholungsaufnahmen ermittelt. Rund 485 (7,6 %) zufällig ausgewählte Probeflächen wurden von einer zweiten Aufnahmegruppe unabhängig von der ersten Aufnahme besucht (Blindprüfung). Mit den Daten kann die Aufnahmegenauigkeit von gemessenen und beurteilten Merkmalen statistisch geprüft werden. Die Ergebnisse dieser Wiederholungsaufnahmen sowie Erkenntnisse aus rund 150 Kontrollaufnahmen durch die Einsatzleitung wurden auch für Trainingskurse ausgewertet, in denen problematische Merkmale präzisiert und die Aufnahmegruppen entsprechend instruiert wurden (Traub *et al.* 2019b).

Um den Bearbeitereinfluss auf die Luftbildinterpretation abzuschätzen und eine möglichst homogene Interpretation sicherzustellen, wurden auch im Luftbild rund 750 zufällig ausgewählte Probeflächen (ca. 3,5 %) wiederholt ausgewertet.

007 Zeitlicher Abstand zwischen Flugjahr und Jahr der terrestrischen Erhebung

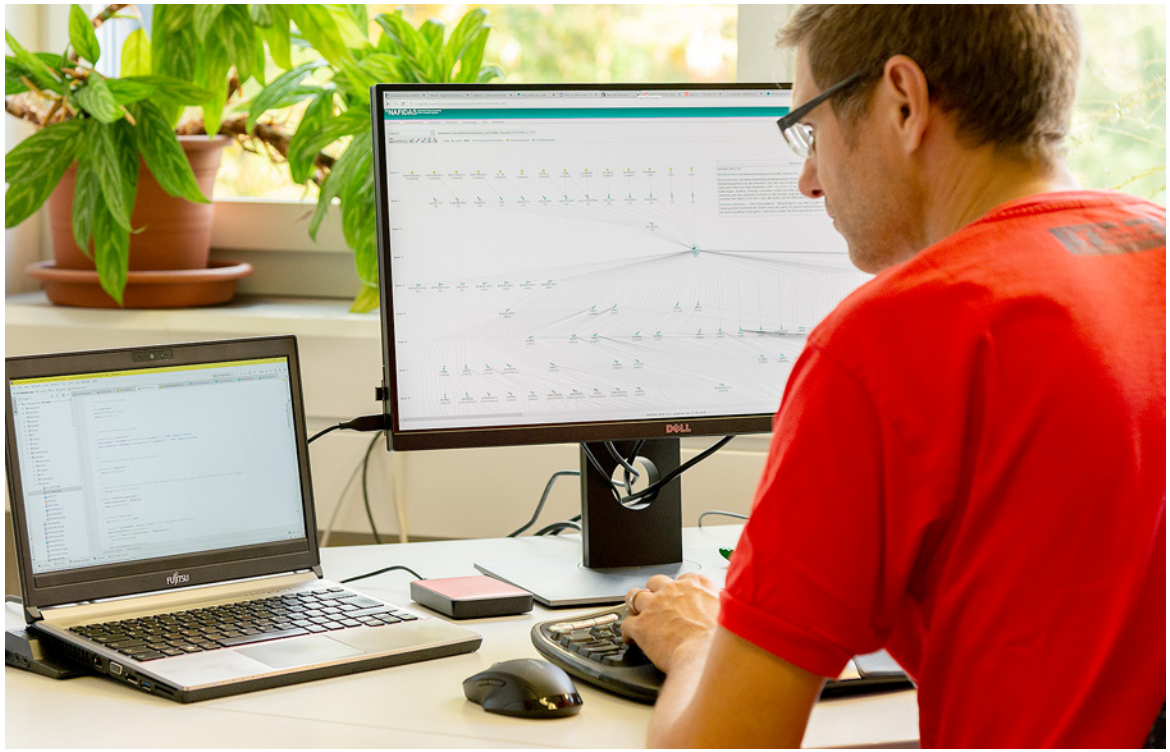
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald



Zur Interpretation von Einzelprobenkarten siehe Kapitel 1.4

WSL/LFI4

1.3 Datenorganisation, Auswertung und Nutzung



Die an der WSL zentral gespeicherten Daten können über eine Benutzeroberfläche visualisiert, ausgewertet und verwaltet werden.

Datenbank und Auswertungssoftware

Im LFI wird eine Client-Server-Architektur eingesetzt, die sich auf verschiedene Komponenten verteilt (Traub *et al.* 2019a; Traub *et al.* 2017). Dadurch lassen sich sowohl die Ressourcen (Rechner, Daten und Auswertungsroutinen) gemeinsam nutzen als auch die Aufgaben und Lasten aufteilen, was insgesamt zu einer höheren Verarbeitungsgeschwindigkeit, Stabilität und Verfügbarkeit des Systems führt. Zudem kann flexibel auf neue Anforderungen reagiert und das System erweitert werden.

Sämtliche Daten des LFI und die Daten aus kantonalen Inventuren nach Methode LFI sind in einem zentralen Datenbanksystem an der WSL gespeichert und langfristig verfügbar. Durch die Verwendung eines relationalen Datenmodells wird eine konsistente Speicherung erreicht. Für den Datenbankserver existiert ein voll funktionstüchtiger Ersatzserver, auf den bei Ausfall des Hauptservers zugegriffen werden kann.

Neben den Rohdaten der Feldaufnahmen und der Luftbildinterpretation sind in der Datenbank die Daten zur Umfrage und zur Walderschliessung sowie sämtliche für die

LFI-Auswertungen benötigten Geodatensätze abgelegt. Auf letztere kann mit geografischen Informationssystemen (GIS) zugegriffen werden oder sie können von den Auswertungsroutinen direkt räumlich verarbeitet werden.

Die Variablen, aus denen die Ergebnistabellen des LFI generiert werden, müssen aus den Rohdaten abgeleitet werden. Das Abbilden dieser oftmals komplexen Ableitungsprozesse nimmt in der Datenbank einen eigenen Platz ein. Dabei werden nicht nur die Werte der Variablen gespeichert, sondern auch sämtliche Berechnungsschritte sowie weitere Metainformationen zu den Ableitungen. Somit ist sichergestellt, dass jederzeit und für alle Inventuren vollständig nachvollzogen werden kann, wie die in der Auswertung verwendeten Variablen hergeleitet worden sind.

Die Auswertungssoftware wurde für das LFI4 von Grund auf neu konzipiert, was auch die Wartbarkeit verbessert hat. Insbesondere wurden die statistischen Algorithmen an die generalisierte Formelnotation angepasst (Lanz *et al.* 2019; Traub *et al.* 2019a) und die Funktionalität wurde so erweitert, dass alle Inventuren und Zielgrössen automatisch abgedeckt sind. Die Software ist parameter- und metadatengesteuert und sorgt für eine übersichtliche und reproduzierbare Definition (Parametrierung) der Auswertungen. Sie verhindert Merkmalskombinationen, die zu falschen Resultaten führen, und ermöglicht es, bereits gespeicherte Auswertungen sowie Informationen zur Datenbank anzuzeigen und zu verwalten.

Für die Berechnung der Schätzwerte und die Erzeugung von Tabellen und Grafiken wird ein Statistikprogrammpaket verwendet. Die Benutzer bedienen die Auswertungssoftware mit einer grafischen Benutzeroberfläche im Webbrowser, die über die Datenbank gesteuert wird.

Umsetzung und Dienstleistungen

Der Wert von solch aufwendigen Erhebungen wie dem LFI liegt in der vielseitigen Verwendung der Daten. Die breite Nutzbarmachung der Daten ist ein wichtiges Ziel des LFI und für dessen langfristigen Erfolg unerlässlich. Die Rollen sind dabei wie folgt verteilt: Die wald- und umweltpolitische Interpretation der Resultate ist Aufgabe des BAFU. Demgegenüber ist die WSL zuständig für die wissenschaftliche Umsetzung mit den Schwerpunkten Publikation von Resultaten und Methoden, Beratung und Lehre zu Stichprobeninventuren sowie Datenabgabe und Auswertung für Dritte (Brändli 2006). Darüber hinaus betreiben BAFU und WSL Öffentlichkeitsarbeit zum LFI und dessen Daten, Ergebnissen und Produkten.

Für spezielle Fragen sind der vorliegende Ergebnisbericht und die im Internet in Form einer umfangreichen Tabellensammlung bereitgestellten Ergebnisse (siehe www.lfi.ch) oftmals zu wenig detailliert. Deshalb können auf Anfrage auch Rohdaten bezogen werden. Der Umgang mit den Daten und die Pflichten des Datenempfängers werden jeweils vertraglich geregelt. Berechtigt zum Bezug von LFI-Daten sind Verwaltungsstellen, Hochschulen und Forschungsinstitute mit Sitz in der Schweiz sowie Private, die im Auftrag dieser Stellen handeln.

Es werden auch massgeschneiderte Auswertungen für Dritte erstellt. Lieferbar sind Ergebnistabellen, auf Wunsch interpretiert oder in Form von Berichten. Auswertungen für Dritte unterliegen, im Gegensatz zur Abgabe von Rohdaten aus der Datenbank, bezüglich Weiterverwendung keinen Einschränkungen.

Das aktuelle Angebot an Dienstleistungen, der Katalog der verfügbaren Daten und die Kontaktpersonen sind auf der Website des LFI (www.lfi.ch) zu finden.

1.4 Erläuterungen zu den Ergebnissen

Grenzen der Interpretation

Die aus der LFI-Stichprobe abgeleiteten Schätzungen unterliegen einem Stichprobenfehler, der in diesem Bericht bei allen Schätzungen in Form des absoluten oder des relativen (prozentualen) Standardfehlers angegeben wird.

Mit dem Schätzwert x und dem Standardfehler der Schätzung $s(x)$ kann ein Vertrauensintervall der Schätzung x mit den Grenzen $x-s(x)$ und $x+s(x)$ berechnet werden. Für die Interpretation des Vertrauensintervalls bzw. der Genauigkeit der Schätzung ist folgendes Gedankenspiel nützlich: Wären zum selben Zeitpunkt (unendlich) viele LFI-Stichprobeninventuren unabhängig voneinander durchgeführt worden, würden 68% der aus diesen Inventuren berechneten Vertrauensintervalle den wahren Wert des gesuchten Populationsparameters (im LFI «Zielgrösse» genannt) einschliessen. Da aber nur ein LFI durchgeführt wird, gibt es nur eine Schätzung für ein Vertrauensintervall. Für diese eine (zufällige) Schätzung darf angenommen werden, dass der wahre Wert des Populationsparameters mit einer Wahrscheinlichkeit von 68% innerhalb des Vertrauensintervalls liegt. Die Wahrscheinlichkeit kann auch erhöht werden: Das doppelt so breite Vertrauensintervall mit den Grenzen $x-2*s(x)$ und $x+2*s(x)$ umfasst den wahren Wert mit einer Wahrscheinlichkeit von 95%. Bei der Interpretation der Ergebnisse wird im LFI aber in der Regel auf den einfachen Standardfehler abgestellt.

Vertrauensintervalle dürfen als statistische Tests interpretiert werden. Überschneiden sich die Vertrauensintervalle von zwei Populationen nicht, unterscheiden sich die entsprechenden Schätzwerte wesentlich (signifikant) voneinander. Allerdings gilt der umgekehrte Fall nicht notwendigerweise. Auch bei (gering) überlappenden Vertrauensintervallen können sich Schätzwerte signifikant unterscheiden. Mit Vertrauensintervallen kann auch statistisch geprüft werden, ob der geschätzte Istwert wesentlich von einem Sollwert abweicht oder ob die geschätzte Veränderung statistisch signifikant ist.

Im vorliegenden Bericht wird meistens der prozentuale Standardfehler ($s_{\%}(x) = (s(x)/x) * 100$) angegeben, da dieser intuitiver und im Quervergleich verschiedener Schätzwerte leichter interpretierbar ist. Die kleineren Zahlen erleichtern auch die Übersicht in den Tabellen. $s_{\%}(x)$ kann bei Bedarf einfach in den absoluten Standardfehler $s(x)$ und in ein Vertrauensintervall umgerechnet werden. Ist der Schätzwert aber selber ein Anteil (ein Prozentwert), ist $s_{\%}(x)$ nicht sinnvoll interpretierbar, weshalb in diesen Fällen der absolute Standardfehler $s(x)$ angegeben wird.

Neben dem für Stichproben typischen und leicht quantifizierbaren zufälligen Fehler können in jeder Inventur auch systematische Fehler auftreten, die besonders bei grossen Stichproben mit entsprechend kleinen zufälligen Fehlern zu beträchtlichen Verzerrungen der Ergebnisse führen können. Typische Ursachen für systematische Fehler sind defekte oder falsch bediente Messinstrumente und unvollständige oder unpräzise Aufnahmeinstruktionen. Aus diesem Grund wird im LFI der Merkmalsdefinition und der Ausbildung und Kontrolle der Aufnahmegruppen grosses Gewicht beigemessen (Traub *et al.* 2019b). Bei den ausgewiesenen Schätzfehlern sind allfällige systematische Fehler in den Daten nicht berücksichtigt. Wenn dagegen die Schätzwerte zwischen zwei Inventuren methodenbedingt bzw. durch Umdefinition des Merkmals nicht exakt vergleichbar sind, wird dies im Text erläutert.

Modellierte Merkmale wie das Volumen der Einzelbäume, die Sortimente oder die Standortgüte weisen einen Modellfehler auf (Köhl 2001; Lischke 2001; Herold *et al.* 2019). Dieser ist einerseits von den Eingangsgrössen des Modells, die sowohl metrisch als auch kategorial sein können, andererseits von der Güte des Modells selbst abhängig. Modellierte Werte gehen als «wahre» Werte in die Auswertungen ein, die Modellfehler bleiben unberücksichtigt.

Vergleichbarkeit mit LFI1, LFI2 und LFI3

Im Zuge der LFI4-Auswertungen wurden die gesamten Datenbestände aus den Vorinventuren LFI1, LFI2 und LFI3 mit den Algorithmen des LFI4 neu abgeleitet und die Schätzwerte neu berechnet. Unterschiede zu den früher publizierten Ergebnissen des LFI1 (EAFV 1988), des LFI2 (Brassel und Brändli 1999) und des LFI3 (Brändli 2010) können dort entstehen, wo neue statistische Schätzverfahren angewendet, Fehler erkannt und bereinigt oder neuere Datengrundlagen (etwa Geodaten oder das Vegetationshöhenmodell) verwendet wurden. Unterschiede können auch darauf zurückzuführen sein, dass Aussageeinheiten, zum Beispiel einzelne Kantone, Änderungen erfahren haben.

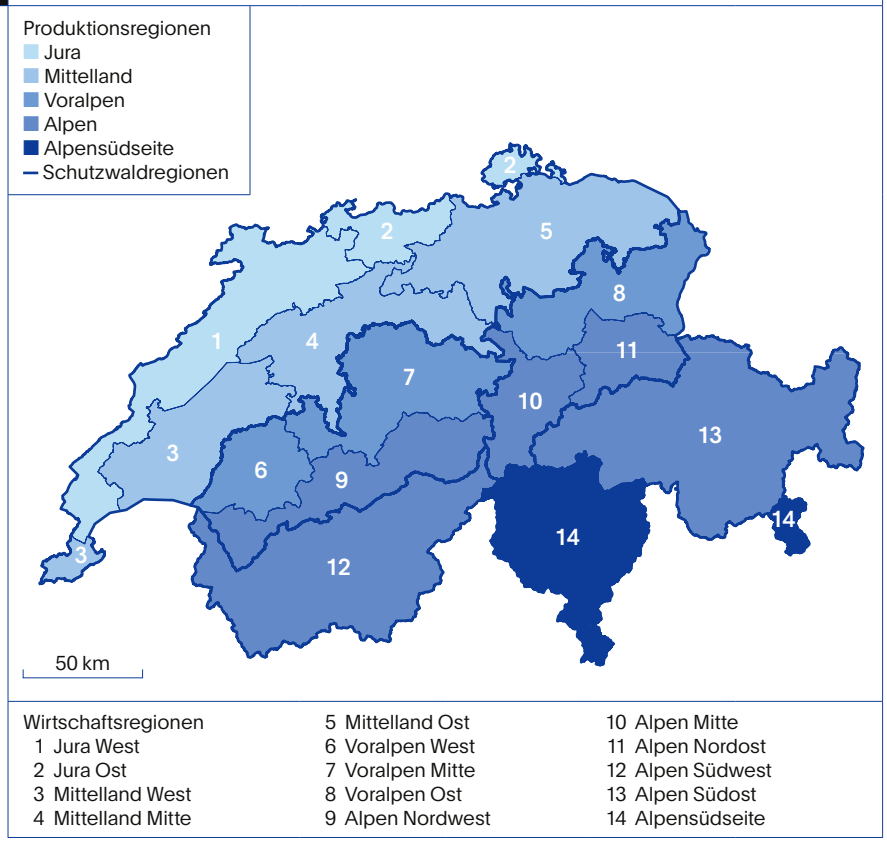


Mit einer regelmässigen Schulung und Betreuung der Feldmitarbeitenden sollen systematische Fehler möglichst vermieden werden.

008 **Farblegende Tabellen und Abbildungen**

Nummer	Zustand LFI4
Nummer	Veränderungen und Zustandsvergleiche der Inventuren

009 **Produktions- und Wirtschaftsregionen**



Wirtschaftsregionen

1 Jura West	5 Mittelland Ost	10 Alpen Mitte
2 Jura Ost	6 Voralpen West	11 Alpen Nordost
3 Mittelland West	7 Voralpen Mitte	12 Alpen Südwest
4 Mittelland Mitte	8 Voralpen Ost	13 Alpen Südost
	9 Alpen Nordwest	14 Alpensüdseite

Interpretation von Tabellen, Abbildungen und Karten

Die in Form von Tabellen, Abbildungen und Karten präsentierten Ergebnisse werden jeweils kommentiert. Darüber hinaus werden im Text nicht selten auch Detailresultate angeführt, zu denen im Bericht aus Platzgründen keine Tabelle gezeigt wird. Solche Aussagen tragen in Klammern den Vermerk «nicht dargestellt». Dazu findet sich im Internet unter www.lfi.ch fast in jedem Fall eine Ergebnistabelle.

Die Beschriftung und die Darstellung der Resultate sind weitgehend standardisiert. Die häufigste Darstellungsform ist die Tabelle mit Summen- und Mittelwerten. Anteile werden häufig auch als Balkengrafiken dargestellt. Wenn immer möglich werden dabei die entsprechenden Schätzwerte und Schätzfehler angegeben. Karten geben Aufschluss über die räumliche Verteilung von Merkmalen.

Im Titel von Tabellen, Abbildungen und Karten stehen die analysierte Zielgrösse, zum Beispiel die Waldfläche oder der Vorrat, und die Merkmale, nach denen die Zielgrösse in der Tabelle gegliedert ist. Im Untertitel folgen die Angaben zur Masseinheit der Zielgrösse und zu den «Aussageeinheiten», etwa die Produktions- oder die Wirtschaftsregionen. Ebenfalls angegeben wird das Kollektiv, auf das sich die Ergebnisse beziehen, die sogenannte «Auswertungseinheit» (Tab. **011**).

Die Laufnummer von Tabellen, Abbildungen und Karten ist mit einer Farbe unterlegt: Schwarz für Tabellen, die den Zustand einer Zielgrösse zeigen, und rot für Tabellen, welche die Veränderung einer Zielgrösse oder Zustände einer Zielgrösse aus verschiedenen Inventuren zum Inhalt haben (Abb. **008**).

Karten ermöglichen eine visuelle Beurteilung der räumlichen Verteilung von Probeflächenmerkmalen. Numerische Merkmale werden häufig als regionale Mittelwerte dargestellt. Manchmal wird auch eine Generalisierungsfunktion verwendet, bei der die Werte der Probeflächen in einem Quadrat von 7 × 7 km gemittelt werden (gleitende Mittelwerte). Dies hat den Vorteil, dass die kleinräumige Variabilität zwischen benachbarten Probeflächen zugunsten des grossräumigen Musters zurücktritt. Dargestellt werden diese Mittelwerte, wenn mindestens zwei Waldprobeflächen mit Informationen im umliegenden Quadrat liegen und dieses folglich zu mehr als 10% bewaldet ist. Bei kategorialen Merkmalen werden in der Karte jeweils die Werte jeder Probefläche dargestellt, gelegentlich wird diese Darstellungsform auch bei numerischen Merkmalen gewählt. Bei der Interpretation von Karten mit Einzelprobewerten oder gleitenden Mittelwerten ist zu beachten, dass die dargestellte Merkmalsausprägung je nach Merkmal auf einer Probefläche von lediglich 2, 5 oder 25 Aren erhoben wurde. Daraus kann nicht auf die mehrheitliche oder mittlere Ausprägung des Merkmals in einem kleineren Gebiet oder in der entsprechenden Zelle des Stichprobennetzes geschlossen werden.

Aussageeinheiten

Eine differenzierte Interpretation der LFI-Ergebnisse erfordert in der Regel eine Unterteilung in räumliche Aussageeinheiten, die nach geografischen, politischen, administrativen, ökologischen oder anderen Gesichtspunkten gebildet werden. Häufig verwendete Aussageeinheiten sind die Produktions- und die Wirtschaftsregionen, die Kantone und die Forstkreise, die Hoch- und Tieflagen (Vegetationshöhenstufen), die biogeografischen Regionen und die Schutzwaldregionen. Nach Bedarf können im LFI-Auswertungssystem auch weitere Aussageeinheiten vorübergehend oder dauernd eingerichtet werden.

Bei Ergebnissen zum Zustand von Zielgrössen gilt es zu beachten, dass sich die Totalwerte je nach verwendeter Aussageeinheit geringfügig unterscheiden können. Dies liegt an der Berechnungsmethode, welche die Totalwerte für die Schweiz als gewichtete Summe der Ergebnisse für die einzelnen Aussageeinheiten herleitet.

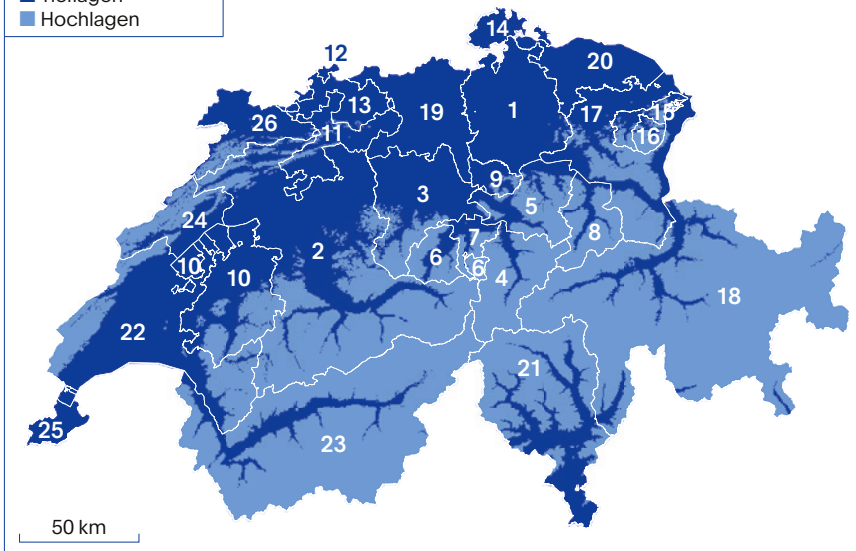
Im LFI werden fünf Produktionsregionen verwendet, die sich durch die Wuchs- und Produktionsbedingungen unterscheiden. Diese sind wiederum in 14 sogenannte Wirtschaftsregionen unterteilt (Abb. **009**). Einige Ergebnisse werden für diese Wirtschaftsregionen dargestellt, da sich gezeigt hat, dass manche Merkmale grössere Unterschiede in Ost-West- als in Nord-Süd-Richtung aufweisen.

Schutzwälder sind im Mittelland und im Jura seltener als im Alpenraum. Infolge dieser ungleichmässigen räumlichen Verteilung der Wälder mit Vorrangfunktion «Schutz vor Naturgefahren» (Kap. 2, Abb. **031**) wurden die Wirtschaftsregionen für die Analyse des Schutzwaldes LFI4 im Kapitel 6 nach naturräumlichen und statistischen Aspekten zu sechs Schutzwaldregionen zusammengefasst (Abb. **009**).

Insbesondere die Beantwortung ökologischer, aber auch ökonomischer Fragen bedarf häufig einer vertikalen Differenzierung nach Vegetationshöhenstufen. Im LFI werden die kolline, die submontane und die untere montane Stufe zu den «Tieflagen» zusammengefasst. Die obere montane, die subalpine, die alpine und die nivale Stufe bilden zusammen die «Hochlagen» (Abb. **010**). Die Wälder in den Hochlagen werden als «Gebirgswald» bezeichnet.

Auf die Darstellung von Ergebnissen für die Aussageeinheiten «Kantone», «Forstkreise» und «biogeografische Regionen» wird in diesem Bericht verzichtet. Solche Ergebnisse sind im Internet publiziert (www.lfi.ch).

010 **Kantone, Hoch- und Tieflagen**



Kantone

1 Zürich	7 Nidwalden	14 Schaffhausen	21 Tessin
2 Bern	8 Glarus	15 Appenzell A.-Rh.	22 Waadt
3 Luzern	9 Zug	16 Appenzell I.-Rh.	23 Wallis
4 Uri	10 Freiburg	17 St. Gallen	24 Neuenburg
5 Schwyz	11 Solothurn	18 Graubünden	25 Genf
6 Obwalden	12 Basel-Stadt	19 Aargau	26 Jura
	13 Basel-Landschaft	20 Thurgau	

011 **Anzahl Probeflächen im LFI4 nach Auswertungseinheit**

in Stück und % pro Produktionsregion

Auswertungseinheiten	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüdseite	Schweiz
	Stk.	Stk.	Stk.	Stk.	Stk.	Stk.
Gesamtfläche (Wald und Nichtwald)	2458	4705	3303	8392	1780	20638
Wald	1009	1167	1146	2325	970	6617
zugänglicher Wald ohne Gebüschwald	1004	1157	1099	1984	798	6042
Waldrand	162	221	273	218	55	929
	%	%	%	%	%	%
Wald	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**
zugänglicher Wald ohne Gebüschwald	99,5	99,1	95,9	85,3	82,3	91,3
Waldrand	16,1	18,9	23,8	9,4	5,7	14,0

Auswertungseinheiten

Im LFI konnten nicht für alle Wald- und Nichtwaldprobeflächen dieselben Informationen erhoben werden. Dies wird bei der Datenanalyse berücksichtigt, indem in der Regel nur Probeflächen mit gleichem Informationsgehalt zusammen ausgewertet werden. In allen Abbildungen und Tabellen ist angegeben, auf welche Auswertungseinheit, also auf welches Kollektiv von Probeflächen, sich die Ergebnisse beziehen. Tabelle **011** vermittelt einen Überblick über die vier wichtigsten Auswertungseinheiten «Gesamtfläche», «Wald», «zugänglicher Wald ohne Gebüschwald» und «Waldrand».

Die Auswertungseinheit **Gesamtfläche** umfasst die ganze Landesfläche der Schweiz (Wald- und Nichtwaldareal) inklusive unproduktive Flächen und Gewässer. Für die Gesamtfläche liegen LFI-Luftbildinformationen über Bodenbedeckung, Wald/Nichtwald sowie Vegetationshöhe und Mischungsgrad vor. Daneben werden im LFI verschiedene externe Datensätze verwendet, die für die Gesamtfläche verfügbar sind: Informationen aus Karten, flächendeckende oder in Rastern modellierte Informationen (etwa zur potenziellen natürlichen Vegetation) sowie Daten aus externen Stichprobenerhebungen wie zur Bodennutzung gemäss Arealstatistik des Bundesamtes für Statistik (BFS 2013).

Die Auswertungseinheit **Wald** umfasst jenes Areal, das aufgrund der Walddefinition des LFI als Wald beurteilt wird, also auch den Gebüschwald. Für die Probeflächen im Wald liegen auch die Informationen aus der Umfrage bei den Revierförstern und beim kantonalen Forstdienst vor (z. B. Waldfunktionen).

Die Auswertungseinheit **zugänglicher Wald ohne Gebüschwald** umfasst jene terrestrischen Probeflächen, die von den Aufnahmegruppen aufgesucht und als Waldproben, nicht aber als Gebüschwaldproben

klassifiziert worden sind. Obschon auch die Probeflächen im Gebüschwald seit dem LFI3 von den Aufnahmegruppen besucht werden, werden sie bei der Standardauswertung in der Regel nicht berücksichtigt. Der Anteil der Auswertungseinheit «zugänglicher Wald ohne Gebüschwald» am Gesamtwald der Schweiz beträgt 91,3% (Tab. **011**). Auf der Alpensüdseite ist dieser Anteil mit 82,3% deutlich tiefer. Die Mehrzahl aller Auswertungen bezieht sich auf den zugänglichen Wald ohne Gebüschwald.

Seit dem LFI2 gibt es auch eine terrestrische Inventur am **Waldrand**. Untersucht werden Waldränder, die maximal 25 m von einem Probeflächenzentrum entfernt liegen und damit in Zusammenhang mit einer Waldprobefläche stehen. Bei 14,0% der Waldprobeflächen wurde eine Waldrandbeschreibung durchgeführt (Tab. **011**).

Die Angaben zu Veränderungskomponenten wie Zuwachs, Nutzung und Mortalität sowie die meisten Ergebnisse zur Veränderung einer Zielgrösse zwischen LFI3 und LFI4 (oder LFI1 und LFI4) beziehen sich auf die Auswertungseinheit **zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4** (bzw. LFI1/LFI4), das heisst auf jene Probeflächen, die zu beiden Inventurzeitpunkten zugänglich und als Wald ohne Gebüschwald klassiert worden waren (Tab. **001**). Auch Entwicklungen von *qualitativen Merkmalen* (z. B. Bestandesstabilität) werden auf solchen «gemeinsamen» Probeflächen verglichen. Für entsprechende Zeitreihen, zum Beispiel über alle vier Inventurzeitpunkte, lautet die Auswertungseinheit «zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI1/LFI2/LFI3/LFI4».

Beim Zustandsvergleich von *quantitativen Merkmalen* (z. B. Vorrat) werden zudem oft auch die Zustände für das Waldareal in der jeweiligen Inventur dargestellt. Die Auswertungseinheit heisst in diesen Fällen **zugänglicher Wald ohne Gebüschwald in der jeweiligen Inventur**.



WSL/LFI4

Rund 3% der Probeflächen sind unzugänglich. Für unzugängliche Wälder liegen keine terrestrischen Daten vor; Brissago TI.



Der Schweizer Wald hat eine Fläche von 1,32 Mio. ha und bedeckt knapp einen Drittel der Landesfläche. Er erfüllt viele wichtige Funktionen: Er schützt vor Rutschungen, Murgängen, Steinschlag und Lawinen, produziert den erneuerbaren Rohstoff Holz, sorgt für sauberes Trinkwasser, ist Lebensraum für viele Tier- und Pflanzenarten und bietet uns Menschen Raum für Freizeit und Erholung. Auf fast der Hälfte der Waldfläche ist der Schutz vor Naturgefahren die vorrangige Waldfunktion, auf knapp einem Drittel ist es die Holzproduktion. Die Fichte ist mit Abstand die häufigste Baumart im Schweizer Wald. Auf sie folgen die Buche und die Tanne. Der Holzvorrat der lebenden Bäume beläuft sich auf 421 Mio. m^3 oder 350 m^3/ha. Er hat damit seit dem LFI3 im Landesdurchschnitt weiter zugenommen. Dabei stehen weitere Vorratszunahmen in den Alpen und auf der Alpensüdseite einer weiteren Vorratsabnahme im Mittelland gegenüber. Auch die Waldfläche hat weiter zugenommen. Die neuen Waldflächen im Umfang von 31 000 ha befinden sich dabei weitgehend in den höheren Lagen der Alpen. Im Mittelland hat sich die Waldfläche dagegen nicht verändert. Mit der Zunahme des Vorrats und der Waldfläche in der Schweiz ist auch die CO_2-Senkenleistung des Schweizer Waldes gestiegen. Unter Berücksichtigung der aufgrund der Topografie einsetzbaren Holzernteverfahren darf etwa die Hälfte des Schweizer Waldes als gut erschlossen betrachtet werden. Bei der anderen Hälfte ist der Erschliessungsgrad dagegen mässig oder schlecht.

WSL/LFI4

2 Waldressourcen

Fabrizio Cioldi, Urs-Beat Brändli, Markus Didion, Christoph Fischer, Christian Ginzler, Anne Herold, Markus Huber, Esther Thürig

2.1 Waldfläche und Waldfunktionen

→ **Rund ein Drittel der Schweizer Landesfläche ist mit Wald bedeckt. Besonders stark bewaldet ist die Alpensüdseite mit gut 54%. Weniger als halb so gross ist der Waldanteil mit 24% im landwirtschaftlich intensiv genutzten und dicht besiedelten Mittelland.**

→ **Seit über 150 Jahren nimmt die Waldfläche zu. Die Zunahme zwischen LFI3 und LFI4 beträgt rund 2,4% oder 31 000 ha. Sie ist damit geringer als zwischen LFI2 und LFI3. Im Mittelland ist die Waldfläche seit dem LFI1 konstant geblieben.**

→ **Rund 42% der Schweizer Wälder sind praktisch reine Nadelwälder, rund 24% reine Laubwälder.**

→ **Der Schutz vor Naturgefahren und die Holzproduktion sind die häufigsten Waldfunktionen. Sie sind auf 46% bzw. 31% der Waldfläche gar die Vorrangfunktionen. In den Alpen und auf der Alpensüdseite ist der Schutz vor Naturgefahren mit Abstand die wichtigste Waldfunktion. Im Mittelland und im Jura ist es dagegen die Holzproduktionsfunktion.**

WSL/LFI4

Waldfläche

Die Walddefinition des LFI basiert ausschliesslich auf messbaren Kriterien (siehe Kap. 1.2) und deckt sich folglich nicht ganz mit den rechtlichen Definitionen sowie den Waldausscheidungen von Bund und Kantonen. Zum **Wald** wird im LFI auch der **Gebüschwald** gezählt. Im internationalen Verständnis dagegen wird der Gebüschwald nicht zum Wald, sondern zu «other wooded land» geschlagen (FAO 2018).

Der Schweizer Wald umfasst heute eine Fläche von 1,32 Mio. ha. Davon liegen 35% in den Alpen, 18% in den Voralpen, 17% im Mittelland, 15% im Jura und 15% auf der Alpensüdseite (Tab. **012**). Gebüschwald kommt praktisch nur in den Alpen und auf der Alpensüdseite vor und macht mit 71 900 ha rund 5,5% der Schweizer Waldfläche aus. Gebüschwälder sind gemäss LFI-Definition Wälder, deren Bestockung zu mehr als zwei Dritteln aus Sträuchern wie Alpenerlen oder Legföhren besteht (Stierlin *et al.* 1994). Gegen 55% der Gebüschwaldfläche sind ausschliesslich mit Sträuchern bestockt und bilden den reinen Gebüschwald. Im restlichen Gebüschwald sind auch Einzelbäume eingestreut (nicht dargestellt). Weitere Informationen zum Gebüschwald sind im Kapitel 2.4 zu finden.

Im Vorfeld der terrestrischen Erhebung wurde im Luftbild für die insgesamt 20 900 Punkte im 1,4-km-Netz ein Wald/Nichtwald-Entscheid gefällt. Die Feldequipen haben diesen auf knapp 7500 Probeflächen im Gelände verifiziert und den Waldentscheid abschliessend getroffen. Probeflächen, die eindeutig im Nichtwaldareal lagen, wurden ausschliesslich im Luftbild beurteilt. In Abbildung **013** sind die 6617 resultierenden Wald- und Gebüschwaldprobeflächen dargestellt.

012 **Wald- und Nichtwaldflächen**

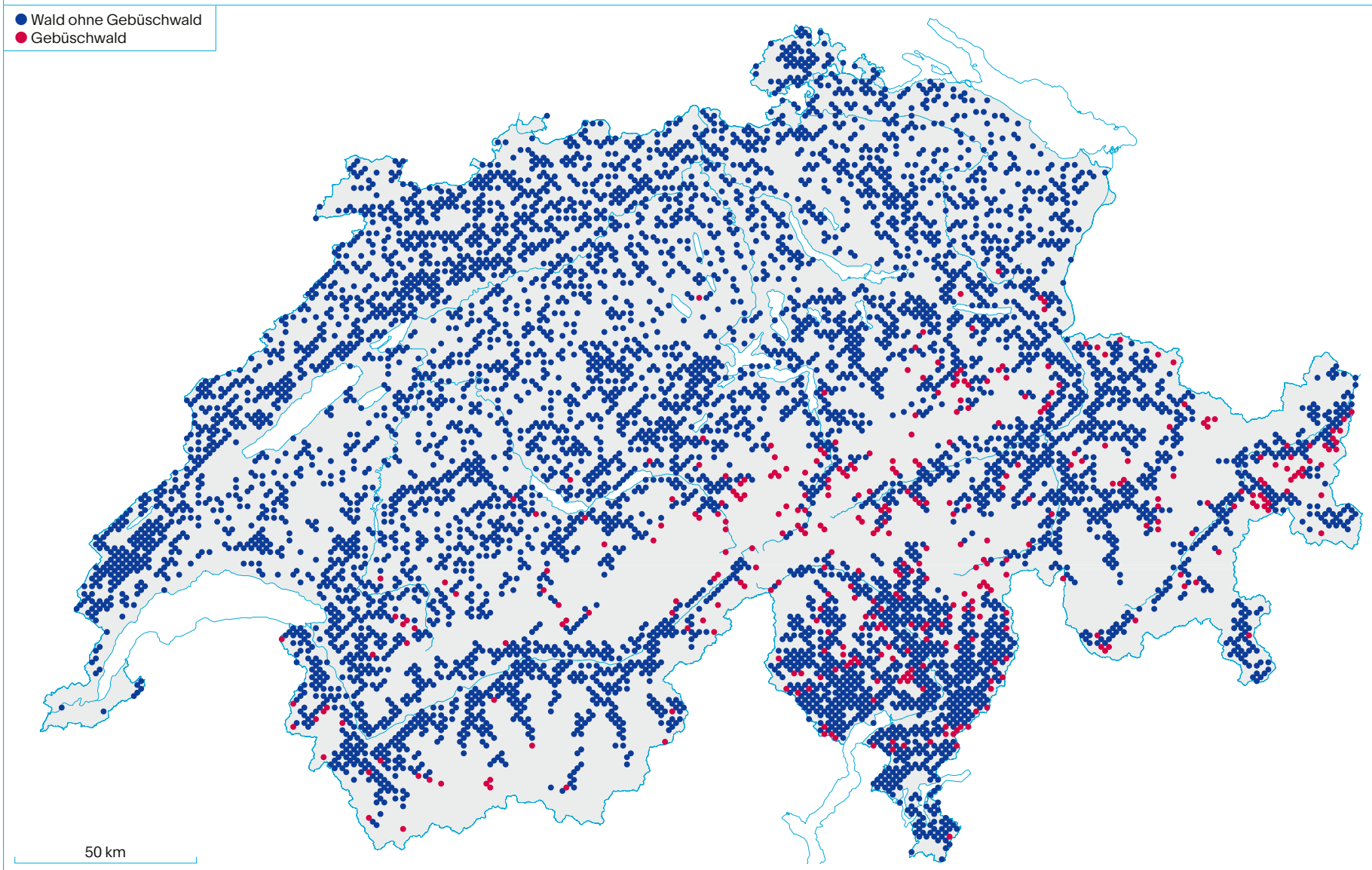
in 1000 ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Gesamtfläche

	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %
Wald ohne Gebüschwald	201,1	1	229,6	1	228,5	1	414,3	1	171,6	1	1245,0	0
Gebüschwald	0,0	*	0,2	**	3,4	24	47,7	6	20,6	9	71,9	5
Wald	**201,1**	**1**	**229,8**	**1**	**231,9**	**1**	**462,0**	**1**	**192,1**	**1**	**1316,9**	**0**
Nichtwald	292,4	1	711,4	0	428,9	1	1216,3	0	162,4	1	2811,5	0
Gesamtfläche	**493,5**		**941,3**		**660,8**		**1678,2**		**354,6**		**4128,4**	

* Schätzfehler nicht berechenbar
** Schätzfehler ≥ 100%

013 Wald und Gebüschwald

Auswertungseinheit: Gesamtfläche



Zur Interpretation von Einzelprobenkarten siehe Kapitel 1.4

Der mittlere Deckungsgrad der Bäume im Wald beträgt gemäss Luftbildinterpretation 78% (Tab. **014**). Die Wälder im Jura und im Mittelland sind mit einem Deckungsgrad von 87% am dichtesten, die Wälder der Alpen mit 69% am lockersten bestockt. 3,5% der Fläche ausserhalb des Waldes sind bestockt, am höchsten ist dieser Anteil im Jura und im Mittelland mit 6% und 5,5%. Im Vergleich zum LFI3 (Cioldi *et al.* 2010) ist der mittlere Deckungsgrad leicht zurückgegangen. Dies hat aber wohl mit dem besseren Bildmaterial im LFI4 zu tun, mit dem kleine Lücken zwischen den Kronen besser erkannt werden konnten.

Waldanteil

32% der Landesfläche der Schweiz sind mit Wald bedeckt (Tab. **015**). Besonders stark bewaldet ist die Alpensüdseite mit 54%, weniger als halb so gross ist der Waldanteil im Mittelland mit 24%.

Die Bewaldung variiert mit der Höhenlage relativ stark (Tab. **016**). Landesweit sind die grössten Bewaldungsprozente mit rund 60% in Höhenlagen zwischen 1000 und 1800 m ü. M. zu verzeichnen. Auf der Alpensüdseite sind bereits Höhenlagen ab 600 m ü. M. zu über 80% bewaldet.

Gegenüber dem LFI3 hat der Waldanteil in der Schweiz um 0,8% Prozentpunkte zugenommen (Tab. **015**). In der Region Alpen war die Zunahme mit 1,3% Prozentpunkten am grössten, während der Waldanteil im Mittelland konstant geblieben ist, und das gar seit dem LFI1.

Von Interesse ist auch, wie stark die waldfähige Fläche bewaldet ist. Die waldfähige Fläche lässt sich aus den Bodennutzungsklassen der Arealstatistik (BFS 2009) herleiten, indem Wasserflächen und andere nicht waldfähige Flächen von der Gesamtfläche abgezogen werden. Siedlungs- und Verkehrsflächen werden dagegen prinzipiell als waldfähig betrachtet. Das Bewaldungsprozent der waldfähigen Fläche beträgt



Im Alpenraum hat die Waldfläche in den letzten drei Jahrzehnten zugenommen; Brissago TI.

WSL/LFI4

014 **Deckungsgrad im Wald und Nichtwald gemäss Luftbild**

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Gesamtfläche

	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
Wald	86,7	0,2	86,8	0,2	77,1	0,3	69,2	0,2	77,5	0,3	77,6	0,1
Nichtwald	6,0	0,1	5,5	0,1	4,1	0,1	1,5	0,0	3,0	0,1	3,5	0,0
Gesamtfläche	40,9	0,2	27,1	0,2	31,5	0,2	21,1	0,1	43,9	0,2	28,5	0,1

015 **Waldflächenanteil nach Inventur**

in % der Gesamtfläche pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Gesamtfläche

Inventur	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
LFI1 (1983/85)	39,5	0,4	24,2	0,2	32,9	0,4	22,9	0,2	45,8	0,7	28,7	0,2
LFI2 (1993/95)	40,2	0,4	24,4	0,2	33,7	0,4	24,1	0,2	48,2	0,7	29,7	0,1
LFI3 (2004/06)	40,6	0,4	24,4	0,2	34,4	0,4	26,2	0,3	53,1	0,7	31,1	0,1
LFI4 (2009/17)	40,7	0,4	24,4	0,2	35,1	0,4	27,5	0,3	54,2	0,7	31,9	0,2

016 **Waldflächenanteil nach Höhenlage**

in % der Gesamtfläche pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Gesamtfläche

m ü. M.	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
über 1800	0,0	*	0,0	*	9,5	2,3	10,6	0,4	21,9	1,5	11,9	0,4
1401–1800	65,1	8,1	88,7	10,7	45,0	2,2	59,3	1,2	82,2	2,1	59,8	1,0
1001–1400	51,1	1,7	67,6	8,1	53,1	1,5	61,9	1,5	87,5	1,9	59,4	0,8
601–1000	53,2	1,5	32,9	1,0	32,3	1,0	56,0	2,0	83,9	2,4	42,1	0,6
bis 600	24,0	1,1	20,2	0,5	8,9	1,3	13,0	1,7	43,8	2,7	20,7	0,4
Gesamt	**40,7**	**0,4**	**24,4**	**0,2**	**35,1**	**0,4**	**27,5**	**0,3**	**54,2**	**0,7**	**31,9**	**0,2**

* Schätzfehler nicht berechenbar

landesweit 41%, im Mittelland nur 26%, in den Voralpen 38%, im Jura 43%, in den Alpen 46% und auf der Alpensüdseite sogar 72% (Tab. **017**).

Waldflächenveränderung

Seit über 150 Jahren nimmt die Waldfläche zu (Ginzler *et al.* 2011a). Daran hat sich auch in den letzten Jahren nichts geändert. Zwischen LFI3 und LFI4 betrug die Zunahme 31000 ha oder 2,4% in acht Jahren (Tab. **018** und Tab. **019**). Zwischen LFI2 und LFI3 war die Waldflächenzunahme noch bedeutend grösser mit 60000 ha oder 4,9% innert 11 Jahren (Tab. **018** und Tab. **019**). In den 29 Jahren seit dem LFI1 betrug die Waldflächenzunahme insgesamt 130000 ha oder 11,0%, was einer mittleren Zunahme von 0,37% pro Jahr entspricht. Dabei sind die Entwicklungen in den einzelnen Produktionsregionen stark unterschiedlich. Im Mittelland hat sich die Waldfläche seit dem LFI1 nicht signifikant verändert (Tab. **021**). Im Jura nahm die Waldfläche seit dem LFI1 geringfügig zu, wobei zwischen LFI3 und LFI4 keine Veränderung mehr stattfand. In den Voralpen war in allen Perioden eine Zunahme der Waldfläche von rund 2%

017 Kenngrössen zur Waldfläche der Schweiz

in % und 1000 ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Gesamtfläche

	Waldverteilung nach Regionen		Waldanteil an der Gesamtfläche		waldfähige Fläche[1]		Waldanteil an der waldfähigen Fläche[1]	
	%	±	%	±	1000 ha	± %	%	±
Jura	15,3	0,1	40,7	0,4	468,3	1	42,8	0,5
Mittelland	17,5	0,1	24,4	0,2	865,3	0	26,4	0,2
Voralpen	17,6	0,2	35,1	0,4	598,4	1	38,1	0,5
Alpen	35,1	0,3	27,5	0,3	959,5	1	45,5	0,5
Alpensüdseite	14,6	0,2	54,2	0,7	255,8	1	72,0	1,0
Schweiz	**100**		**31,9**	**0,2**	**3147,3**	**0**	**40,6**	**0,2**

[1] Gesamtfläche abzüglich nicht waldfähiger Flächen (Gewässer, unproduktive Vegetation und vegetationslose Flächen gemäss Arealstatistik 2004/09)

018 Veränderung der Waldfläche

in ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Gesamtfläche

	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	ha	± %	ha	± %	ha	± %	ha	± %	ha	± %	ha	± %
Wald ohne Gebüschwald	941	**	165	**	4024	36	17301	15	5083	30	27513	13
Gebüschwald	0	*	214	**	383	**	4159	42	–1321	95	3435	67
Total	**941**	****	**379**	****	**4407**	**33**	**21460**	**13**	**3762**	**34**	**30948**	**12**

* Schätzfehler nicht berechenbar
** Schätzfehler ≥ 100%

019 Veränderung der Waldfläche nach Inventurperiode

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Gesamtfläche

Inventurperiode	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
LFI1–LFI2	1,6	0,5	0,7	0,4	2,3	0,7	5,3	0,7	5,3	1,2	3,3	0,3
LFI2–LFI3	1,0	0,6	0,0	0,4	2,3	0,7	8,9	0,9	10,2	1,2	4,9	0,4
LFI3–LFI4	0,5	0,5	0,2	0,4	1,9	0,6	4,9	0,6	2,0	0,7	2,4	0,3
LFI1–LFI4	3,1	0,8	0,9	0,6	6,7	1,1	20,3	1,3	18,3	1,8	11,0	0,5

zu verzeichnen (Tab. **019**). In den Alpen und auf der Alpensüdseite war die Waldflächenzunahme zwischen LFI2 und LFI3 sehr stark (9 bzw. 10%), vorher und nachher war sie mit je rund 5% deutlich geringer. Insgesamt entfällt die Waldflächenzunahme zwischen LFI1 und LFI4 zu 60% auf die Alpen, zwischen LFI3 und LFI4 gar zu 70%. Dabei befinden sich die eingewachsenen Flächen mehrheitlich oberhalb von 1400 m ü. M. (Tab. **033**).

Die Zunahme des Gebüschwaldes beträgt insgesamt rund 3500 ha (Tab. **018**), was 11% der gesamten Waldflächenzunahme entspricht. Bedeutend zugenommen hat die Gebüschwaldfläche in den Alpen. Auf der Alpensüdseite hat sie dagegen tendenziell abgenommen, was vor allem der Sukzession von Gebüschwald zu Wald geschuldet ist.

Die Waldfläche nahm vom LFI3 zum LFI4 auf natürliche Weise zu, vorwiegend durch das Einwachsen von Alpweiden oder unproduktiven Vegetationsflächen (nicht dargestellt). Es wurden keine gezielten Aufforstungen von Nichtwaldareal festgestellt (nicht dargestellt). Mehr Informationen zur Waldentstehung sind im Kapitel 5.3 zu finden. Die aktuell nicht mehr als Wald klassifizierten Flächen sind durch Rodungen, durch Holznutzung in Gebieten mit Wald/Weide-Wirtschaft oder durch natürliche Abgänge infolge von Lawinen und Windwürfen im Übergangsbereich von Wald zu Nichtwald zustande gekommen (nicht dargestellt).

020 **Veränderung der Waldfläche nach Inventurperiode**

in ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Gesamtfläche

Inventurperiode	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	ha	± %	ha	± %	ha	± %	ha	± %	ha	± %	ha	± %
LFI1–LFI2	3149	34	1534	54	5104	29	2519	13	8587	22	38893	10
LFI2–LFI3	1887	59	84	*	5057	29	36024	9	17429	12	60481	7
LFI3–LFI4	941	*	379	*	4407	33	21460	13	3762	34	30948	12
LFI1–LFI4	5977	27	1998	72	14567	15	78002	6	29778	9	130322	5

* Schätzfehler ≥ 100%

021 **Waldfläche nach Inventur**

in 1000 ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Gesamtfläche

Inventur	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %
LFI1 (1983/85)	195,1	1	227,8	1	217,3	1	384,0	1	162,3	2	1186,6	1
LFI2 (1993/95)	198,3	1	229,4	1	222,4	1	404,5	1	170,9	1	1225,5	0
LFI3 (2004/06)	200,2	1	229,4	1	227,5	1	440,5	1	188,4	1	1286,0	0
LFI4 (2009/17)	201,1	1	229,8	1	231,9	1	462,0	1	192,1	1	1316,9	0

022 **Flächenanteile der Laub- und Nadelbäume im Wald und Nichtwald gemäss Luftbild**

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Gesamtfläche

		Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
		%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
Wald	Laubbäume	62,4	0,1	62,0	0,1	40,8	0,1	24,5	0,1	61,7	0,1	47,6	0,0
	Nadelbäume	37,6	0,1	38,0	0,1	59,2	0,1	75,5	0,1	38,3	0,1	52,4	0,0
	Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	
Nichtwald	Laubbäume	85,4	0,3	93,9	0,1	73,8	0,3	59,0	0,4	81,0	0,6	82,3	0,1
	Nadelbäume	14,6	0,3	6,1	0,1	26,2	0,3	41,0	0,4	19,0	0,6	17,7	0,1
	Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	
Gesamtfläche	Laubbäume	64,7	0,1	68,3	0,1	44,7	0,1	27,3	0,1	62,4	0,1	51,3	0,0
	Nadelbäume	35,3	0,1	31,7	0,1	55,3	0,1	72,7	0,1	37,6	0,1	48,7	0,0
	Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

WSL/LFI4



Gebüschwälder zählen im LFI zum Waldareal; Riederalp VS.

Mischungsgrad und vorherrschende Baumarten

Der terrestrisch erhobene Mischungsgrad ist der Anteil der Laubbäume bzw. Nadelbäume an der Basalfläche des massgebenden Bestandes, im Gegensatz zum Luftbild-Deckungsgrad (Tab. **022**), der sich auf die Kronenfläche bezieht. In den «reinen Nadelwäldern» liegt der Basalflächenanteil der Nadelbäume bei über 90%. In den «gemischten Nadelwäldern» beträgt er 51–90%, in den «gemischten Laubwäldern» 11–50% und in den «reinen Laubwäldern» maximal 10%.

24% der Schweizer Wälder sind reine Laubwälder und 42% reine Nadelwälder (Tab. **024**). Im Jura ist die Waldfläche ziemlich gleichmässig auf die vier Mischungsgrade verteilt. Im Mittelland ist rund ein Drittel der Waldfläche durch reine Laubwälder bedeckt. In den Alpen und in den Voralpen überwiegen die reinen Nadelwälder mit Anteilen von 67% und 46%. Auf der Alpensüdseite machen die reinen Laubwälder die Hälfte der Waldfläche aus. Insgesamt ist der Flächenanteil der vier Mischungsgrade fast gleich wie im LFI3 (Abb. **023**), mit einer leichten Zunahme der gemischten Laubwälder und einer leichten Abnahme der reinen Nadelwälder. Betrachtet man den Mischungsgrad seit dem LFI1 auf den in allen vier Inventuren besuchten Probeflächen, also ohne Berücksichtigung der neuen Waldflächen, so ist der Anteil der reinen Laubwälder um 5 Prozentpunkte gestiegen, derjenige der reinen Nadelwälder um 8 Prozentpunkte gesunken.

Abbildung **025** zeigt die räumliche Verteilung des Nadelholzanteils. Die überwiegend reinen Nadelwälder der Alpen, Voralpen und der Jurahochlagen treten deutlich hervor. Gemischte Nadelwälder sind im Mittelland und in den Voralpen weit verbreitet. Reine Laubwälder kommen grossflächig nur im Südtessin vor. Gemischte Laubwälder sind besonders im mittleren und östlichen Jura und gebietsweise im Mittelland stark vertreten.

Mit der Höhenlage nimmt der Nadelholzanteil der Bestände zu (nicht dargestellt). In der kollinen/submontanen Stufe, in der natürlicherweise Laubwälder vorherrschen würden, überwiegen die reinen und gemischten Laubwälder mit zusammen 66%. In den Tieflagen, also der kollinen/submontanen und der unteren montanen Stufe zusammen, sind mehr als die Hälfte der Wälder (58%) reine und gemischte Laubwälder. In den Hochlagen überwiegen die reinen Nadelwälder mit 65%. Zur Natürlichkeit des Nadelholzanteiles siehe Kapitel 5.6.

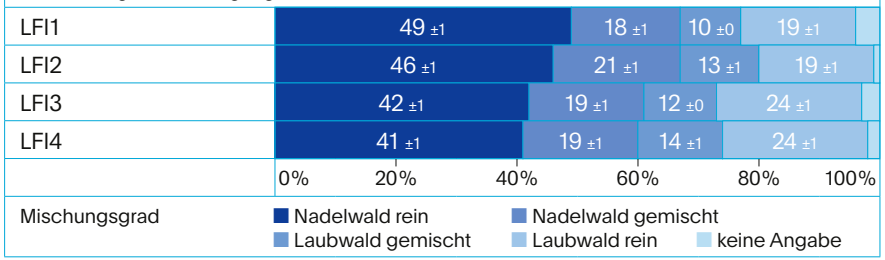
Betrachtet man die Entwicklung in den Jungwüchsen und Dickungen allein, dann zeigt sich, dass die Anteile der reinen und gemischten Laubwälder in diesen Entwicklungsstufen in den neun Jahren seit dem LFI3 praktisch unverändert geblieben sind. In der Periode davor hatten sie noch stark zugenommen (Cioldi *et al.* 2010). In den Jungwaldflächen der Tieflagen dominieren reine Laubwälder mit einem Anteil von 64% (Abb. **026**).

Mit zunehmender Entwicklungsstufe (und zunehmendem Alter) nimmt sowohl in Tief- als auch in Hochlagen der Nadelholzanteil zu. Aus den Altbeständen lässt sich erahnen, wie viel stärker früher auf Nadelholz verjüngt worden ist.

Auf rund 38% der zugänglichen Waldfläche ohne Gebüschwald ist die Fichte die vorherrschende Baumart (Tab. **027**). Im LFI wird unter der vorherrschenden Baumart diejenige Hauptbaumart verstanden, die auf der Probefläche den grössten Basalflächenanteil aufweist. Auf die Fichte folgen die Buche, die Tanne und die Lärche mit Basalflächenanteilen von 18%, 11% und 8%. Auf den gemeinsamen Probeflächen der Inventuren LFI3 und LFI4 haben Bestände, in denen eine Laubbaumart vorherrscht, gesamtschweizerisch leicht zugenommen (nicht dargestellt), insbesondere ahorndominierte Bestände. Ebenfalls leicht zugenommen haben tannendominierte

023 **Waldfläche nach Mischungsgrad und Inventur**

in %
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI1/LFI2/LFI3/LFI4



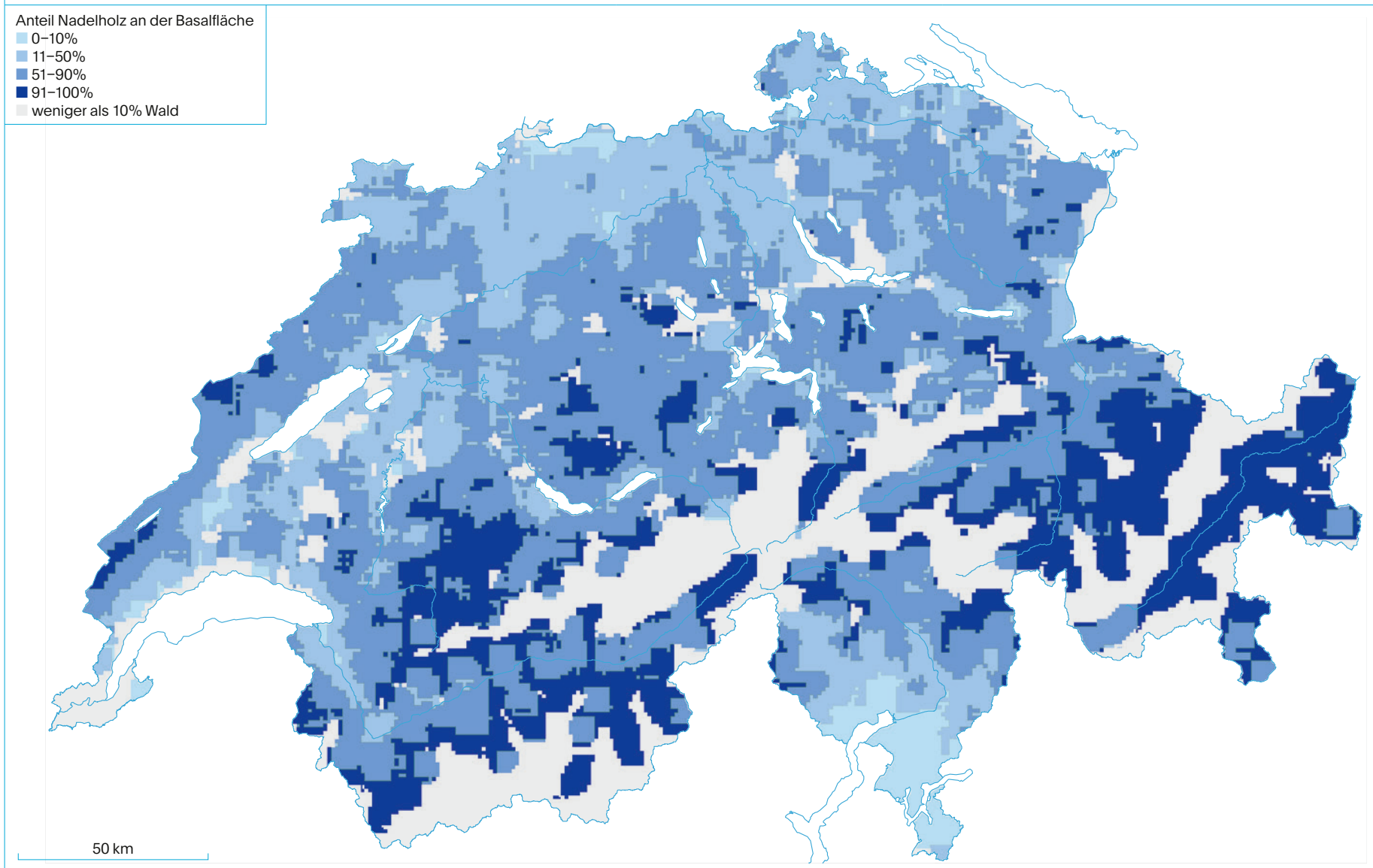
024 **Waldfläche nach Mischungsgrad**

in 1000 ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Mischungsgrad	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz			
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	%	±
Nadelwald rein	46,3	6	47,7	6	99,4	3	262,6	2	53,7	5	509,8	1	42,4	0,6
Nadelwald gemischt	53,4	5	56,4	5	54,0	5	43,1	6	11,6	13	218,4	3	18,2	0,5
Laubwald gemischt	45,2	6	43,7	6	31,8	7	31,2	8	11,6	13	163,5	3	13,6	0,4
Laubwald rein	54,6	5	76,8	4	31,0	8	48,0	6	79,8	3	290,2	2	24,1	0,5
keine Angabe	0,6	58	3,3	24	6,1	18	8,7	15	1,6	35	20,3	10	1,7	0,2
Total	**200,1**	1	**227,9**	1	**222,3**	1	**393,7**	1	**158,3**	2	**1202,2**	1	**100**	

025 Nadelholzanteil

Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald



Zur Interpretation von Karten mit gleitenden Mittelwerten siehe Kapitel 1.4

WSL/LFI4



Der Wald schützt häufig wichtige Verkehrswege vor Naturgefahren; Martigny-Combe VS.

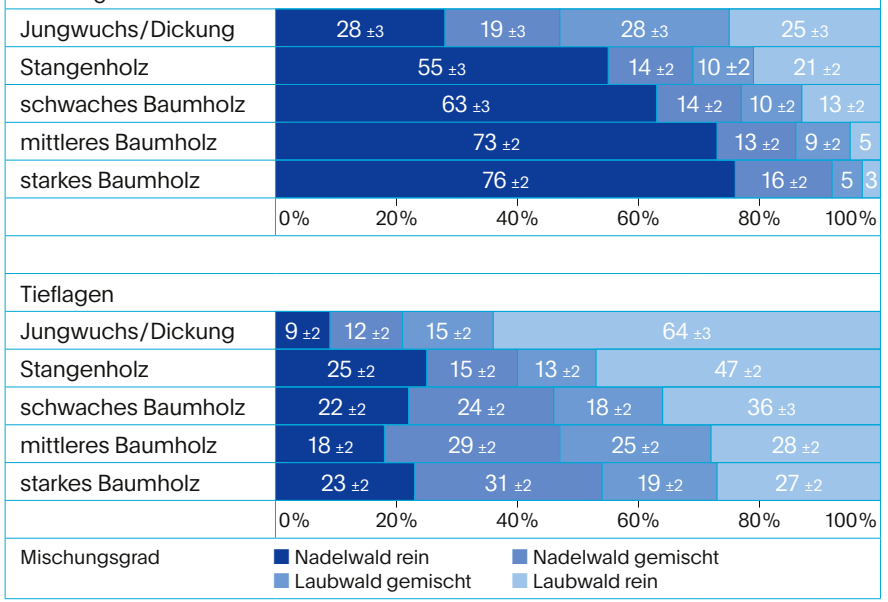
Bestände. Zurückgegangen sind hingegen fichtendominierte Bestände. Im Mittelland betrug der Rückgang der fichtendominierten Bestände 4 Prozentpunkte und war damit fast so hoch wie zwischen LFI2 und LFI3. Der bereits im LFI3 festgestellte Trend setzte sich damit fort. Berücksichtigt man sämtliche Waldprobeflächen, also auch die zwischen den beiden Inventuren eingewachsenen, haben Bestände mit Lärche, Tanne oder Ahorn als vorherrschender Baumart leicht zugenommen.

Waldfunktionen

Der Wald wird seit Langem nicht mehr nur als Holzressource verstanden, sondern als mit Bäumen bestockter Raum, der ganz unterschiedliche Leistungen für die Gesellschaft erbringt. Er soll Holz liefern, vor Naturgefahren schützen, Pflanzen und Tieren als Lebensraum dienen, für reines Trinkwasser sorgen, möglichst viel Kohlendioxid speichern und der Bevölkerung als Erholungsraum zur Verfügung stehen. In der Regel erfüllt ein Wald verschiedene Funktionen gleichzeitig (Multifunktionalität). Waldfunktionen sind oftmals in betrieblichen oder kantonalen forstlichen

026 **Waldfläche nach Mischungsgrad, Hoch-/Tieflage und Entwicklungsstufe**

in %
Auswertungseinheit: gleichförmiger Hochwald mit Bestandesangaben
(=64,2% des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald)



WSL/LFI4

Planungsdokumenten festgehalten. Darin können Vorrangfunktionen bezeichnet sein, die im Falle von Multifunktionalität die wichtigste und für die Art der Bewirtschaftung massgebende Funktion bedeuten.

Wie schon im LFI3 wurden die Waldfunktionen auch im LFI4 im Rahmen der Umfrage bei den Revierförstern erhoben. Erfasst wurden alle Waldfunktionen von erheblicher lokaler Bedeutung gemäss Planungsgrundlagen. Falls solche Planungsgrundlagen fehlten, erfolgte eine gutachtliche Einschätzung durch den Revierförster. Dazu wurde auch immer die jeweilige Vorrangfunktion erfasst. Abgesehen von den im Rahmen der Försterbefragung erhobenen Waldfunktionen und Vorrangfunktionen, die in erster Linie das Potenzial eines Waldes zeigen, aber keine Verbindlichkeit für die Eigentümer und Bewirtschafter entfalten, liegen mit den Grundwasserschutzzonen, dem Schutzwaldperimeter Silvaprotect sowie den Waldreservaten schweizweit einheitlich definierte Perimeter mit bestimmtem Schutzcharakter vor. In Tabelle **028** sind die Anteile der Waldfläche, die diesen Perimetern angehören, zusammengestellt. Waldfunktion, Vorrangfunktion und Schutzgebietsperimeter zeigen nicht das

027 **Waldfläche nach vorherrschender Baumart**

in 1000 ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

vorherrschende Baumart	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz			
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	%	±
Fichte	54,9	5	64,7	5	111,7	3	199,1	2	31,5	7	462,0	2	38,4	0,6
Tanne	36,6	7	34,0	7	46,0	6	15,0	11	4,5	20	136,3	4	11,3	0,4
Föhre	6,4	17	6,0	18	2,7	28	24,1	9	1,2	41	40,5	7	3,4	0,2
Lärche	0,6	58	3,4	24	0,4	71	60,0	5	28,4	8	92,8	4	7,7	0,3
Arve	0,0	*	0,0	*	0,2	**	14,7	11	0,2	**	15,1	11	1,3	0,1
übrige Nadelhölzer	1,0	45	2,2	30	0,2	**	0,6	58	0,0	*	4,0	22	0,3	0,1
Nadelhölzer[1]	**100,7**	**3**	**108,1**	**3**	**157,1**	**2**	**312,5**	**2**	**65,3**	**4**	**743,5**	**1**	**61,8**	**0,6**
Buche	68,2	4	62,8	5	36,0	7	21,8	9	24,7	8	213,5	3	17,8	0,5
Ahorn	6,7	17	10,0	14	6,8	17	8,8	15	2,9	26	35,2	7	2,9	0,2
Esche	7,2	16	14,3	11	5,0	20	9,0	15	6,1	18	41,7	7	3,5	0,2
Eiche	7,0	16	8,6	15	0,4	71	4,0	22	4,0	22	24,1	9	2,0	0,2
Kastanie	0,0	*	0,2	**	0,0	*	0,8	50	22,2	8	23,2	8	1,9	0,2
übrige Laubhölzer	4,6	21	12,8	12	4,7	21	20,1	10	27,0	8	69,2	5	5,8	0,3
Laubhölzer[1]	**92,5**	**3**	**111,0**	**3**	**57,2**	**5**	**65,6**	**5**	**87,5**	**3**	**413,9**	**2**	**34,4**	**0,6**
keine Angabe[2]	6,9	16	8,8	14	8,0	16	15,6	11	5,5	19	44,8	7	3,7	0,2
Total	**200,1**	**1**	**227,9**	**1**	**222,3**	**1**	**393,7**	**1**	**158,3**	**2**	**1202,2**	**1**	**100**	

[1] Probeflächen, auf denen Nadelbäume bzw. Laubbäume vorherrschen
[2] Probeflächen ohne Bäume mit BHD ≥ 12 cm
* Schätzfehler nicht berechenbar
** Schätzfehler ≥ 100%

028 **Waldfläche nach Schutzgebiet**

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Wald

Grundwasserschutzzonen	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
Fassungsbereich S1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,0
engere Schutzzone S2	6,0	0,8	3,1	0,5	2,8	0,5	4,4	0,4	6,3	0,8	4,4	0,3
weitere Schutzzone S3	18,6	1,2	3,8	0,6	2,5	0,5	2,5	0,3	7,3	0,8	5,9	0,3
Total Schutzzonen S1–S3	**24,7**	**1,4**	**7,1**	**0,7**	**5,5**	**0,7**	**6,9**	**0,5**	**13,9**	**1,1**	**10,4**	**0,4**
keine Schutzzone	75,3	1,4	92,9	0,7	94,5	0,7	93,1	0,5	86,1	1,1	89,6	0,4
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

Schutzwaldperimeter SilvaProtect	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
ausserhalb	81,1	1,2	90,9	0,8	50,7	1,5	46,4	1,0	30,5	1,4	57,9	0,5
innerhalb	18,9	1,2	9,1	0,8	49,3	1,5	53,6	1,0	69,5	1,4	42,1	0,5
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

Waldreservate	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
Naturwaldreservate	3,2	0,6	2,1	0,4	2,4	0,5	3,8	0,4	3,6	0,6	3,1	0.2
Sonderwaldreservate	4,5	0,7	2,9	0,5	3,1	0,5	2,4	0,3	0,5	0,2	2,7	0.2
Total Waldreservate	**7,8**	**0,8**	**5,0**	**0,6**	**5,6**	**0,7**	**6,2**	**0,5**	**4,1**	**0,6**	**5,8**	**0.3**
keine Waldreservate	92,2	0,8	95,0	0,6	94,4	0,7	93,8	0,5	95,9	0,6	94,2	0.3
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

Gleiche, stehen aber in wechselseitiger Beziehung zueinander. So hat beispielsweise die Festlegung des Schutzwaldperimeters im Projekt «SilvaProtect-CH» dazu geführt, dass die Revierförster im LFI4 einen deutlich höheren Anteil der Waldfläche der Vorrangfunktion Schutz vor Naturgefahren zugewiesen haben als noch im LFI3 (Tab. **028** in Verbindung mit Cioldi *et al.* 2010, Tab. 023). Die Flächenangaben, die aus den beiden unterschiedlichen Quellen resultieren, weichen zum Teil erheblich voneinander ab. Augenfällig ist der Unterschied insbesondere zwischen der Waldfunktion Trinkwasserschutz (8,0% des Waldes; Tab. **029**) und den rechtskräftig ausgeschiedenen Grundwasserschutzzonen (10,4% des Waldes; Tab. **028**), die in Verbindung zueinander gesetzt werden dürfen. Dies liegt in erster Linie daran, dass sich die Revierförster bei den Angaben zu den Vorrangfunktionen nicht überall auf aktuelle Planungsdokumente stützen konnten (mehr dazu in Kap. 4.1). Es wurde daher entschieden, im vorliegenden Kapitel «Waldfunktionen» auf die Angaben der Revierförster abzustellen, in den Kapiteln 5.7 (Geschützte Wälder), 6.1 (Trinkwasserschutz)

und 6.2 (Schutz vor Naturgefahren) den Auswertungen aber die Schutzgebietsperimeter zugrunde zu legen.

Über die ganze Schweiz betrachtet dient der Wald auf rund der Hälfte seiner Fläche (52%) explizit dem Schutz vor Naturgefahren (Tab. **029**) und auf etwa 46% hat dieser Vorrang vor den anderen Waldfunktionen (Tab. **030**, siehe auch Kap. 6.2). Flächenmässig fast gleichbedeutend ist die Holzproduktion (50%). Diese ist auf 31% des Waldes die Vorrangfunktion. Holz wird aber nicht nur in Wäldern mit Produktionsfunktion genutzt, sondern auch in Wäldern mit anderer Funktion. Es fällt zum Beispiel an, wenn ein Naturschutzwald gepflegt wird, damit er seine



Die Holzproduktion ist im Jura und im Mittelland die häufigste Waldfunktion; Bremgarten AG.

WSL/LFI4

029 **Waldflächenanteile der Waldfunktionen**

in % der Waldfläche pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Wald

Waldfunktion	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
Holzproduktion	82,9	1,2	89,5	0,9	65,3	1,4	19,8	0,8	19,8	1,2	49,6	0,5
landwirtschaftliche Nutzung	11,1	1,0	1,1	0,3	4,2	0,6	5,5	0,5	6,5	0,8	5,5	0,3
Windschutz	0,4	0,2	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
Trinkwasserschutz	22,4	1,3	8,5	0,8	4,8	0,6	3,2	0,4	7,7	0,9	8,0	0,3
Schutz vor Naturgefahren	18,0	1,2	12,3	1,0	62,3	1,4	64,7	1,0	90,3	0,9	51,7	0,5
Naturschutz	22,2	1,3	17,2	1,1	16,7	1,1	17,4	0,8	8,3	0,9	16,6	0,5
Landschaftsschutz	7,9	0,8	5,1	0,6	5,2	0,7	7,6	0,6	17,6	1,2	8,3	0,3
Wildschutz	4,3	0,6	3,7	0,6	5,0	0,6	9,9	0,6	6,6	0,8	6,6	0,3
Erholung	10,6	1,0	20,6	1,2	6,3	0,7	6,3	0,5	7,5	0,8	9,6	0,4
Militär	0,5	0,2	0,4	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,8	0,3	0,4	0,1

Funktion für eine bestimmte Lebensgemeinschaft von Pflanzen oder Tieren dauerhaft erfüllen kann. Nur in Naturwaldreservaten wird ganz auf forstliche Eingriffe verzichtet, damit sich der Wald natürlich entwickeln kann. Die Naturschutzfunktion hat landesweit auf rund 9% Vorrang (für Naturschutzgebiete, Reservate sowie seltene und besondere Waldstandorte, siehe Kap. 5.7). Die Erholungsnutzung ist grundsätzlich auf der ganzen Waldfläche möglich. Sie spielt in 10% der Wälder eine wichtige Rolle, hat aber nur auf wenigen Flächen (gut 1%) Vorrang gegenüber anderen Funktionen. Die übrigen Vorrangfunktionen (landwirtschaftliche Nutzung, Landschaftsschutz, Trinkwasserschutz, Wildschutz und Militär) machen rund 6% der Waldfläche aus, die restlichen 6% haben keine Vorrangfunktion.

Regional zeigen sich grosse Unterschiede bezüglich Vorrangfunktionen (Abb. **031**): Die Holzproduktion ist vor allem im Mittelland (75%) und im Jura (64%) von grosser Bedeutung (Tab. **030**). Auf der Alpensüdseite, in den Alpen und in den Voralpen ist der Schutz vor Naturgefahren die häufigste Vorrangfunktion mit Anteilen von 84%, 62% und 51%. Wälder mit Erholungsfunktion konzentrieren sich auf Gebiete rund um die grossen Bevölkerungszentren und die Tourismusdestinationen. Im dicht besiedelten Mittelland hat beispielsweise auf rund 3% der Waldfläche die Erholungsfunktion Vorrang.

Zusätzlich zu den aufgeführten speziellen Waldfunktionen leisten die Wälder immer auch einen Beitrag zur Klima- und Wasserregulierung, zum Bodenschutz, als CO_2-Senke oder als Lebensraum für Tiere und Pflanzen. Diese allgemeinen Funktionen wurden im Rahmen des LFI nicht explizit erhoben.

030 **Waldfläche nach Vorrangfunktion**

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Wald

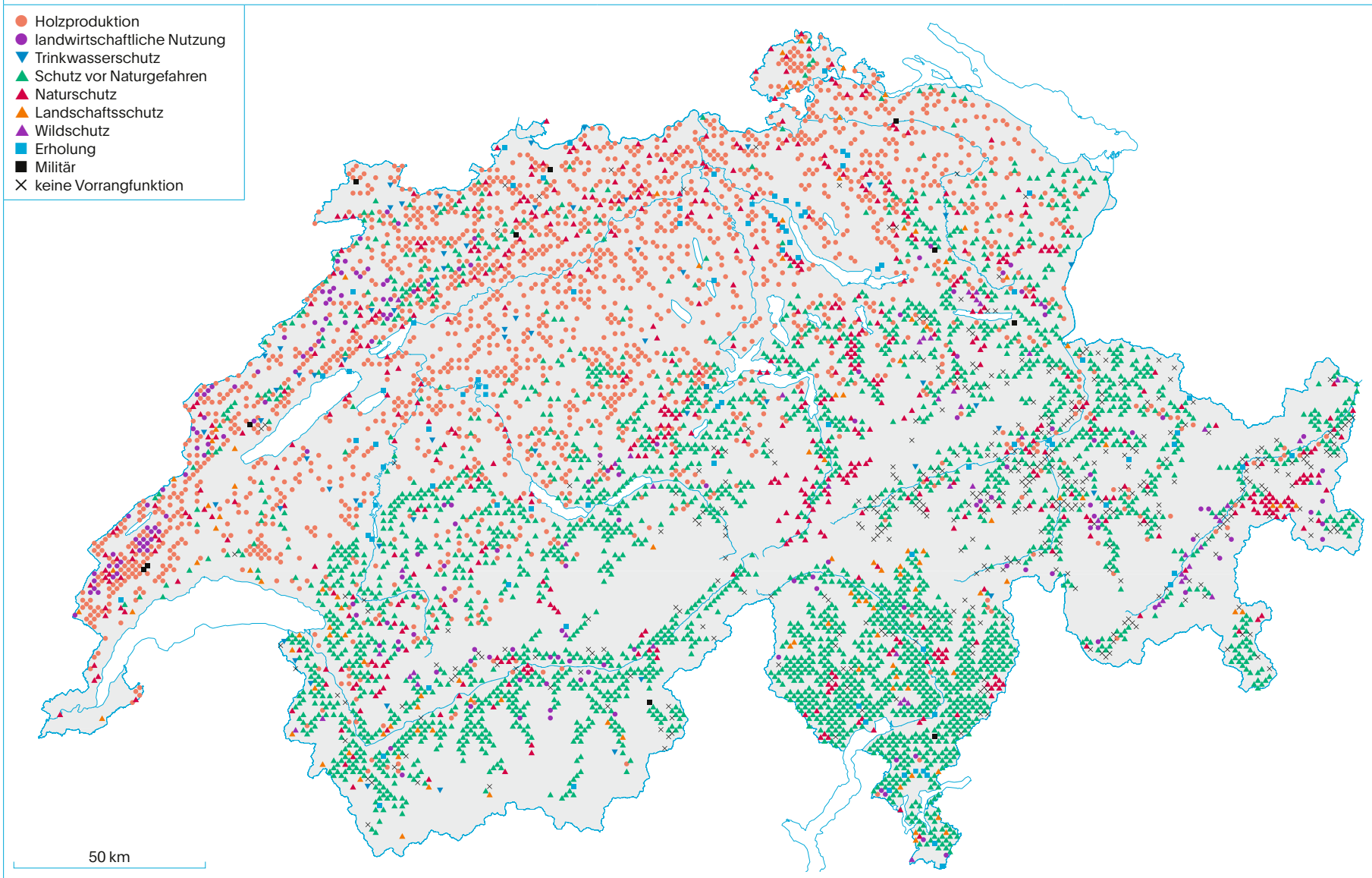
Vorrangfunktion	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz			
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	1000 ha	± %
Holzproduktion	63,6	1,5	75,2	1,3	32,7	1,4	7,1	0,5	0,8	0,3	31,2	0,5	410,9	1
landwirtschaftliche Nutzung	7,4	0,8	0,9	0,3	2,3	0,4	2,7	0,3	1,2	0,4	2,8	0,2	37,2	7
Windschutz	0,0	*	0,0	*	0,0	*	0,0	*	0,0	*	0,0	*	0,0	*
Trinkwasserschutz	2,4	0,5	1,2	0,3	0,7	0,2	0,6	0,2	0,1	0,1	0,9	0,1	12,0	13
Schutz vor Naturgefahren	12,8	1,0	8,0	0,8	50,5	1,5	62,0	1,0	83,5	1,2	46,2	0,5	608,2	1
Naturschutz	10,5	1,0	9,7	0,9	9,8	0,9	9,7	0,6	4,9	0,7	9,1	0,4	120,3	4
Landschaftsschutz	1,3	0,4	1,3	0,3	0,8	0,3	1,8	0,3	3,5	0,6	1,7	0,2	22,4	9
Wildschutz	0,1	0,1	0,0	*	0,7	0,2	1,6	0,3	0,5	0,2	0,8	0,1	10,5	14
Erholung	0,9	0,3	2,9	0,5	1,4	0,4	0,9	0,2	1,3	0,4	1,4	0,1	18,2	10
Militär	0,5	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	2,2	30
keine Vorrangfunktion	0,6	0,2	0,7	0,2	0,9	0,3	13,5	0,7	4,1	0,6	5,7	0,3	75,1	5
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**1316,9**	**0**

* Schätzfehler nicht berechenbar

WSL/LFI4

031 Vorrangfunktionen

Auswertungseinheit: Wald



Zur Interpretation von Einzelprobenkarten siehe Kapitel 1.4

WSL/LFI4

Gehölze ausserhalb des Waldareals

Zu den Gehölzen ausserhalb des Waldareals zählen Hecken, Feldgehölze und Einzelbäume sowie weitere Bestockungen, die nicht der Walddefinition des LFI entsprechen. Ihnen kommt in der Schweiz eine grosse Bedeutung als lebensraumvernetzendes und landschaftsgestaltendes Element zu. Im Kontext des globalen Klimawandels wird aber auch ihre Funktion als Kohlenstoffspeicher und Energieträger wichtiger.

Die Angaben zu den Gehölzen ausserhalb des Waldareals erlauben es, die gesamte Bestockung in der Schweiz in ihrem Umfang, ihrer Art und ihrer räumlichen Verteilung abzuschätzen (Ginzler *et al.* 2011b). Dadurch werden auch Vergleiche mit Ländern, die eine andere Walddefinition verwenden, möglich, zum Beispiel im Rahmen der weltweiten Waldzustandserhebungen der Welternährungsorganisation (FAO 2015).

Seit dem LFI3 werden alle Probeflächen im Luftbild gleich interpretiert, unabhängig vom Waldentscheid. Dies ermöglicht Aussagen zu den Deckungsgraden sowie zu den Anteilen von Laub- und Nadelbäumen auch ausserhalb des Waldareals. Die Probeflächen ausserhalb des Waldareals wurden jedoch nicht terrestrisch erhoben, sondern nur im Luftbild beurteilt.

Der mittlere Deckungsgrad der Bäume ausserhalb des Waldareals in der Schweiz beträgt 3,5% (Tab. **014**). Mit 6,0% und 5,5% weisen die Produktionsregionen Jura und Mittelland dabei die höchsten Werte auf. Der tiefe Wert von 1,5% in den Alpen ist mit dem hohen Anteil von Flächen oberhalb der Baumgrenze erklärbar.

Die Flächenanteile der Laub- und Nadelbäume gemäss Luftbild sind ausserhalb und innerhalb des Waldareals sehr unterschiedlich (Tab. **022**). Im Nichtwaldareal dominieren in allen Regionen Laubbäume, im Mittelland beträgt das Verhältnis von Laub- zu Nadelbäumen gar 15:1. Im Waldareal dagegen dominieren die Laubbäume nur in den Regionen Jura, Mittelland und Alpensüdseite, wobei das Verhältnis nur etwa 3:2 beträgt. Auf der Gesamtfläche der Schweiz ist der Flächenanteil der Laubbäume und der Nadelbäume annähernd gleich. Zu beachten ist die unterschiedliche Erfassung des Laub-/Nadelbaumanteils. Während er in diesem Kapitel aus dem Luftbild abgeleitet wird und damit dem Deckungsgrad der Baumkronen entspricht, wird im Unterkapitel «Mischungsgrad», das sich ausschliesslich auf das Waldareal bezieht, der Basalflächenanteil aus den terrestrischen Aufnahmen verwendet.

2.2 Standort und Erschliessung

- Rund 55% der Schweizer Waldfläche liegen oberhalb von 1000 m ü. M. und 59% in Gelände mit mehr als 40% Hangneigung.
- Auf 28% der Schweizer Waldfläche kämen natürlicherweise Buchenwälder vor. Ebenfalls grosse Anteile hätten Standorte der übrigen Laubwälder (19%), der Tannen-Buchenwälder (17%), der Fichtenwälder (13%) und der Tannen-Fichtenwälder (11%).
- Nur 17% der Schweizer Wälder stocken in Lagen mit geringer Standortgüte. Diese befinden sich zum Grossteil in den Alpen. Gute und sehr gute Standorte sind im Jura, im Mittelland und in den Voralpen häufig.
- Die Gesamtlänge der lastwagenbefahrbaren Waldstrassen in der Schweiz beträgt 31 557 km, was einer Waldstrassendichte von 25,7 m/ha entspricht. Davon sind 26 397 km (21,5 m/ha) für Lastwagen mit vier Achsen und einem Gesamtgewicht von mindestens 28 t befahrbar.
- Unter Berücksichtigung der im jeweiligen Gelände überhaupt einsetzbaren Verfahren sind 46% des Schweizer Waldes gut erschlossen. Im Mittelland beträgt der Anteil der gut erschlossenen Wälder 80%, in den Alpen und auf der Alpensüdseite dagegen lediglich 26% bzw. 16%.

WSL/LFI4



Der grösste Teil der Schweizer Waldfläche befindet sich in Hanglagen wie hier im Solothurner Jura; Meltingen SO.

Höhenlage

Der Standort ist von zentraler Bedeutung, was das Wachstum und die Verfügbarkeit der Waldressourcen betrifft. Einer der wichtigsten Faktoren ist dabei die Höhenlage. Rund 45% des Waldareals der Schweiz liegen unterhalb von 1000 m ü. M. (Tab. **032**), wozu besonders die relativ grossen, tief liegenden Waldareale im Mittelland und im Jura beitragen. Im Mittelland liegen 97% des Waldareals unterhalb von 1000 m ü. M., im Jura 67%. In den Voralpen befinden sich die Wälder dagegen zu 77% zwischen 600 und 1400 m ü. M. und in den Alpen zu 61% oberhalb von 1400 m ü. M. Auf der Alpensüdseite verteilt sich das Waldareal fast gleichmässig auf alle Höhenklassen.

Der Wald breitet sich vor allem dort natürlich aus, wo die landwirtschaftliche Nutzung aufgegeben wird. Dabei handelt es sich meist um ertragsarme Standorte in höheren Lagen. Dementsprechend entfallen 91% der Waldflächenzunahme seit dem LFI3 auf Gebiete oberhalb von 1000 m ü. M. 77% der neuen Wälder entstanden wie auch schon in der Periode davor gar in Höhenlagen über

032 Waldfläche nach Höhenlage

in 1000 ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Wald

m ü. M.	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz			
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	%	±
über 1800	0,0	*	0,0	*	3,0	26	109,5	4	29,9	8	142,4	3	10,8	0,4
1401–1800	4,5	21	1,6	35	40,8	6	171,0	3	51,8	5	269,7	2	20,5	0,5
1001–1400	61,9	4	4,2	19	92,3	3	111,1	4	48,8	5	318,4	2	24,2	0,5
601–1000	85,4	4	91,2	4	87,4	3	61,5	5	37,6	6	363,1	2	27,6	0,5
bis 600	49,3	5	132,8	3	8,4	16	8,9	14	24,1	8	223,4	2	17,0	0,4
Total	**201,1**	**1**	**229,8**	**1**	**231,9**	**1**	**462,0**	**1**	**192,1**	**1**	**1316,9**	**0**	**100**	

* Schätzfehler nicht berechenbar

033 Veränderung der Waldfläche nach Höhenlage

in % von LFI3 pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Gesamtfläche

m ü. M.	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz			
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	ha	± %
über 1800	0,0	*	0,0	*	7,0	7,2	11,7	1,8	9,6	3,3	11,1	1,5	14268	13
1401–1800	4,4	8,4	0,0	0,0	7,4	2,0	4,1	1,0	–0,4	1,3	3,7	0,8	9608	21
1001–1400	–0,6	1,1	5,0	9,3	1,8	1,1	2,0	1,0	1,2	0,9	1,3	0,6	4233	41
601–1000	0,7	0,6	0,2	0,6	0,0	0,7	1,3	1,2	1,0	1,3	0,5	0,4	1942	67
bis 600	1,2	0,7	0,0	0,5	–2,9	4,2	2,2	5,2	1,6	1,1	0,4	0,5	898	**
Total	**0,5**	**0,5**	**0,2**	**0,4**	**1,9**	**0,6**	**4,9**	**0,6**	**2,0**	**0,7**	**2,4**	**0,3**	**30948**	**12**

* Schätzfehler nicht berechenbar
** Schätzfehler ≥ 100%

1400 m ü. M. (Tab. **033**). Die regionale Betrachtung zeigt, dass die Waldfläche in den Voralpen nur zwischen 1400 und 1800 m ü. M., in den Alpen nur oberhalb von 1400 m ü. M. und auf der Alpensüdseite nur oberhalb von 1800 m ü. M. deutlich zugenommen hat. Die Zunahme in Lagen oberhalb von 1800 m ü. M. macht 46% der gesamten Waldflächenzunahme aus. Diese ist eine Folge der nachlassenden Alpwirtschaft und zu einem Teil auch der Klimaerwärmung (Gehrig-Fasel *et al.* 2005).

Topografie

Die **Geländeneigung** zählt neben der Höhenlage zu den wichtigsten Standortfaktoren bezüglich Holzernte (Kap. 4.3) und Schutz vor Naturgefahren (Kap. 6.2). Sie wurde mithilfe des digitalen Höhenmodells DHM25 von Swisstopo berechnet. Das DHM25 ist aus der Landeskarte 1:25 000 abgeleitet und entspricht damit im Wesentlichen deren Genauigkeit.

41% des Schweizer Waldareals sind flach bis leicht geneigt (0–40% Neigung, Tab. **034**). 44% befinden sich in mittlerem bis steilem Gelände (41–80% Neigung) und 15% in sehr steilen Lagen (mehr als 80% Neigung).

Sofern die Bodentragfähigkeit es zulässt, können Hänge bis zu einer Neigung von rund 40% mit den konventionellen Rad- und Raupenfahrzeugen befahren werden (EAFV 1988, Abb. 295). Seit einigen Jahren kommen vor allem in der vollmechanisierten Holzernte zunehmend auch Fahrzeuge mit Traktionshilfswinden zum Einsatz, womit sich die Einsatzgrenze im Einzelfall gegen 60% Hangneigung verschieben kann. Der Anteil solcher Einsätze konnte in den vorliegenden Ergebnissen allerdings nicht berücksichtigt werden. Für die konventionellen Rad- und Raupenfahrzeuge sind demnach 59% der Schweizer Waldfläche wegen der Geländeneigung nicht befahrbar. In den Alpen und auf der Alpensüdseite liegt der Anteil mit 83% und 86% deutlich höher. Im Mittelland befinden sich dagegen nur 11% der Waldfläche in neigungstechnisch nicht befahrbarem Gelände (Tab. **034**).

Die meisten Berghänge in der Schweiz sind wegen der geografischen Ausrichtung des Jura- und des Alpenmassivs nordwest- bis nord- bzw. südost- bis südexponiert. Entsprechend ist die Waldfläche in diesen

WSL/LFI4

034 **Waldfläche nach Neigung**

in 1000 ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Wald

Neigung in %	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz			
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	%	±
bis 20	63,2	5	142,1	2	30,4	8	17,8	10	6,2	18	259,6	2	19,7	0,4
21–40	67,1	5	61,6	5	70,9	5	62,9	5	20,8	9	283,3	2	21,5	0,5
41–60	48,3	6	19,8	10	66,0	5	138,4	3	46,2	6	318,7	2	24,2	0,5
61–80	17,4	10	4,9	20	43,2	6	138,1	3	53,2	5	256,8	2	19,5	0,5
81–100	4,0	22	1,0	45	12,6	12	61,4	5	34,5	7	113,6	4	8,6	0,3
über 100	1,2	41	0,4	71	8,8	15	43,3	7	31,2	7	84,9	5	6,4	0,3
Total	**201,1**	1	**229,8**	1	**231,9**	1	**462,0**	1	**192,1**	1	**1316,9**	0	**100**	



Birken-Pionierwald auf ertragsarmem Standort; Monteceneri TI.

Expositionsklassen auch grösser (nicht dargestellt). Die Verteilung der Waldfläche auf die Exposition hat sich trotz der Waldzunahmen in gewissen Gebieten der Schweiz gegenüber den Vorinventuren praktisch nicht verändert.

Auch das **Relief** beeinflusst die Vegetation und die Bewirtschaftungsmöglichkeiten. 7% der Schweizer Waldfläche befinden sich in Kuppenlagen, 6% in Muldenlagen, 8% in ebenem Gelände und 74% in Hanglagen, wovon rund 40% eine Neigung von mindestens 60% aufweisen (nicht dargestellt). Detaillierte Angaben über Exposition und Relief sind im Ergebnisbericht zum LFI1 zu finden (EAFV 1988, S. 73–74).

Vegetationshöhenstufen

Die Vegetationshöhenstufen des LFI orientieren sich an der natürlichen Waldvegetation und basieren auf Literaturangaben zu ökologischen Schemen für Klimaxgesellschaften (Brändli und Keller 1985; EAFV 1988, S. 83). Sie werden im LFI aus Höhenlage, Exposition, Wuchsgebiet und Azidität des Muttergesteins abgeleitet (Tab. **035**). Die Verbreitung der Vegetationshöhenstufen ist in Abbildung **036** dargestellt. Die kolline/submontane und die untere montane Stufe bilden dabei die Tieflagen. Die Hochlagen umfassen dagegen die obere montane, die untere subalpine, die obere subalpine sowie die alpine/nivale Vegetationshöhenstufe.

Je rund die Hälfte der Schweizer Waldfläche entfällt auf Tieflagen (45%) und Hochlagen (55%; «Gebirgswald»). Am stärksten bewaldet sind die obere montane und die

035 Definition der Vegetationshöhenstufen im LFI

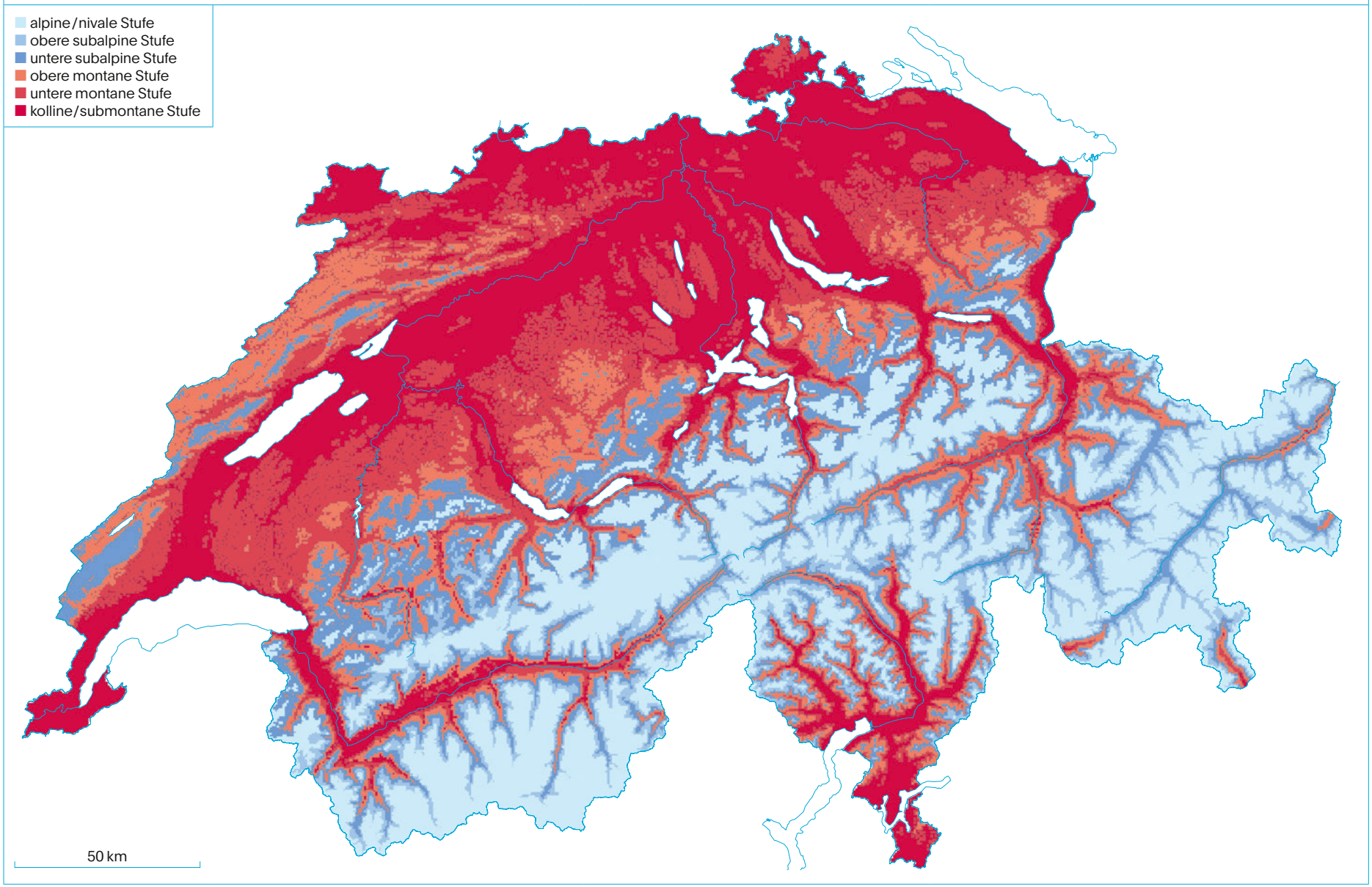
		Exposition Nord Höhenlage m ü. M.	Exposition Süd Höhenlage m ü. M.
Wuchsgebiet Jura/Mittelland/Voralpen			
Basisches Muttergestein			
Hochlagen	alpine/nivale	über 1800	über 1800
	untere subalpine	1201–1800	1301–1800
	obere montane	901–1200	1101–1300
Tieflagen	untere montane	601–900	751–1100
	kolline/submontane	bis 600	bis 750
Saures Muttergestein			
Hochlagen	alpine/nivale	über 1800	über 1800
	untere subalpine	1251–1800	1401–1800
	obere montane	901–1250	1001–1400
Tieflagen	untere montane	601–900	801–1000
	kolline/submontane	bis 600	bis 800
Wuchsgebiet Zwischenalpen			
Basisches und saures Muttergestein			
Hochlagen	alpine/nivale	über 2100	über 2100
	obere subalpine	1901–2100	1901–2100
	untere subalpine	1451–1900	1651–1900
	obere montane	1001–1450	1201–1650
Tieflagen	untere montane	601–1000	901–1200
	kolline/submontane	bis 600	bis 900

		Exposition Nord Höhenlage m ü. M.	Exposition Süd Höhenlage m ü. M.
Wuchsgebiet Hochalpen			
Basisches und saures Muttergestein			
Hochlagen	alpine/nivale	über 2300	über 2300
	obere subalpine	1851–2300	1901–2300
	untere subalpine	1451–1850	1501–1900
	obere montane	1001–1450	1201–1500
Tieflagen	untere montane	601–1000	
	kolline/submontane	bis 600	bis 1200
Wuchsgebiet Südalpen			
Basisches Muttergestein			
Hochlagen	alpine/nivale	über 1800	über 1800
	untere subalpine	1401–1800	1551–1800
	obere montane	1151–1400	1201–1550
Tieflagen	untere montane	751–1150	851–1200
	kolline/submontane	bis 750	bis 850
Saures Muttergestein			
Hochlagen	alpine/nivale	über 2100	über 2100
	obere subalpine	1751–2100	1751–2100
	untere subalpine	1501–1750	1501–1750
	obere montane	1101–1500	1101–1500
Tieflagen	untere montane	851–1100	851–1100
	kolline/submontane	bis 850	bis 850

WSL/LFI4

036 Vegetationshöhenstufen

Auswertungseinheit: Gesamtfläche



WSL/LFI4

untere subalpine Stufe (je 58%). In der oberen subalpinen Stufe ist der Waldanteil mit 29% dagegen etwa gleich tief wie in der landwirtschaftlich intensiv genutzten und stark besiedelten kollinen/submontanen Stufe, wo er sich auf 25% beläuft (Tab. **037**).

Potenzielle natürliche Vegetation

Die potenzielle natürliche Vegetation entstammt einem Modell von Küchler (2009). Der Ansatz zu deren Herleitung ist zweistufig: Im ersten Schritt wurden mittels linearer Regression die erklärenden Variablen Landeskoordinaten, Relief- und Klimaparameter sowie Boden-pH mit den aus pflanzensoziologischen Aufnahmen abgeleiteten ökologischen Zeigerwerten nach Landolt (1977) als Zielvariablen in Beziehung gesetzt. Im zweiten Schritt wurde ein multinomiales logistisches Regressionsmodell mit den Zeigerwerten aus Schritt 1 als erklärenden Variablen und den Standorttypen gemäss der «Wegleitung Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald» (NaiS; Frehner *et al.* 2005) als Zielvariable gebildet. Die Datengrundlage bestand aus 12000 Vegetationsaufnahmen, davon 5000 mit bestimmtem Standorttyp. Für das Modell wurden die Standorttypen zu 40 Vegetationseinheiten zusammengefasst. Da alle erklärenden Variablen für die LFI-Probeflächen bekannt sind, kann für diese die wahrscheinlichste Einheit geschätzt werden. Es wird die Annahme getroffen, dass dies die potenzielle natürliche Vegetation sei. Für den vorliegenden Bericht wurden die 40 Vegetationseinheiten weiter zu den folgenden sieben Waldformationen aggregiert:

- Buchenwälder
- Tannen-Buchenwälder
- übrige Laubwälder
- Tannen-Fichtenwälder
- Fichtenwälder
- Arven- und Lärchenwälder
- Föhrenwälder

WSL/LFI4

037 **Waldfläche nach Vegetationshöhenstufe**

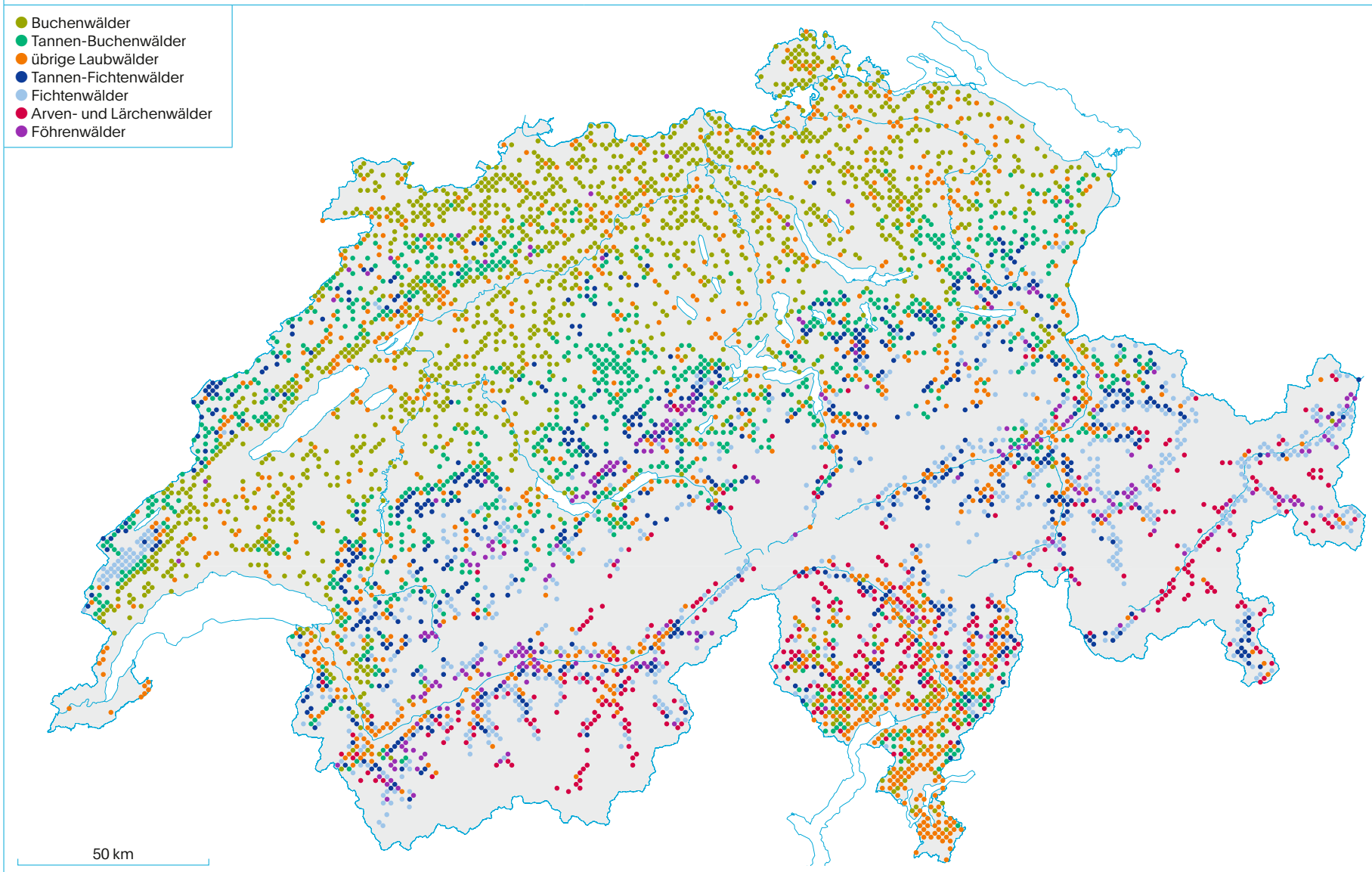
in 1000 ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Wald

	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz		Waldanteil	
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	%	±
alpine/nivale Stufe[1]	0,0	*	0,0	*	2,0	32	6,2	18	1,4	38	9,7	14	1,2	0,2
obere subalpine Stufe	0,0	*	0,0	*	0,6	58	76,2	5	30,6	7	107,4	4	28,9	1,0
untere subalpine Stufe	21,2	9	2,4	28	61,2	5	182,4	3	35,6	7	302,8	2	58,0	0,9
obere montane Stufe	49,1	5	4,5	19	86,4	4	114,1	4	50,1	5	304,2	2	58,1	0,9
Hochlagen	**70,3**	**4**	**6,9**	**15**	**150,2**	**2**	**379,0**	**1**	**117,7**	**3**	**724,1**	**1**	**33,0**	**0,3**
untere montane Stufe	64,0	5	70,5	4	60,1	5	51,2	5	26,6	8	272,3	2	41,3	0,8
kolline/submontane Stufe	66,8	4	152,5	2	21,6	9	31,8	7	47,9	5	320,5	2	25,2	0,4
Tieflagen	**130,8**	**2**	**222,9**	**1**	**81,7**	**3**	**83,0**	**4**	**74,4**	**3**	**592,9**	**1**	**30,7**	**0,3**
Total	**201,1**	**1**	**229,8**	**1**	**231,9**	**1**	**462,0**	**1**	**192,1**	**1**	**1316,9**	**0**	**31,9**	**0,2**

[1] Nach Definition ist die alpine/nivale Stufe waldfrei. Die 48 Waldprobeflächen, die in die modellierte alpine/nivale Stufe fallen, werden hier separat ausgewiesen, in allen anderen Tabellen aber der oberen subalpinen Stufe zugeordnet.
* Schätzfehler nicht berechenbar

038 Potenzielle natürliche Vegetation

Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald



Zur Interpretation von Einzelprobenkarten siehe Kapitel 1.4

WSL/LFI4

039 Waldfläche nach potenzieller natürlicher Vegetation

in 1000 ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Waldformation	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz			
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	%	±
Buchenwälder	104,5	3	163,2	2	32,2	7	17,3	10	17,7	10	334,9	2	28,1	0,5
Tannen-Buchenwälder	45,1	6	12,2	12	94,8	4	43,6	6	15,4	10	211,0	3	17,3	0,5
übrige Laubwälder	27,3	8	47,3	6	28,5	8	66,0	5	58,5	4	227,7	3	18,9	0,5
Tannen-Fichtenwälder	11,7	13	3,3	24	43,2	6	62,6	5	14,7	11	135,6	4	11,3	0,4
Fichtenwälder	8,0	16	0,8	50	12,4	12	120,2	4	19,3	10	160,7	3	13,4	0,4
Arven- und Lärchenwälder	0,0	*	0,0	*	0,8	50	48,4	6	31,1	7	80,3	5	6,8	0,3
Föhrenwälder	2,2	30	1,0	45	10,4	13	34,8	7	1,0	45	49,5	6	4,1	0,3
keine Angabe	1,2	41	0,0	*	0,0	*	0,8	50	0,6	58	2,6	28	0,2	0,1
Total	**200,1**	1	**227,9**	1	**222,3**	1	**393,7**	1	**158,3**	2	**1202,2**	1	**100**	

* Schätzfehler nicht berechenbar

WSL/LFI4

In der Schweiz sind die Buchenwälder die am weitesten verbreitete Waldformation (Abb. **038**). Sie bilden auf 28% der Waldfläche die potenzielle natürliche Vegetation. Auf 19% der Waldfläche kämen übrige Laubwälder, auf 17% Tannen-Buchenwälder, auf 13% Fichtenwälder und auf 11% Tannen-Fichtenwälder vor (Tab. **039**), wobei Laubwälder naturbedingt in tieferen Lagen häufiger verbreitet sind als Nadelwälder. Die meisten Waldformationen weisen einen regionalen Verbreitungsschwerpunkt auf: Dieser liegt bei den Buchenwäldern im Mittelland und im Jura und bei den Tannen-Buchenwäldern vorwiegend in den Voralpen, mit namhaften Anteilen auch im Jura und in den Alpen. Tannen-Fichtenwälder haben dagegen ihr Hauptareal in den Alpen und Voralpen und Fichtenwälder das ihre hauptsächlich in den Alpen, so wie auch die Föhrenwälder. Arven- und Lärchenwälder besiedeln die obersten Lagen (subalpine Stufe), weshalb sie fast ausnahmslos in den Alpen und auf der Alpensüdseite vorkommen würden. Die übrigen Laubwälder würden sich mehr oder weniger gleichmässig über alle Regionen verteilen.

Standortgüte

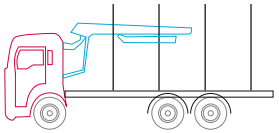
Die **Gesamtwuchsleistung** (GWL; nach Keller 1978) hat sich im LFI als Mass für die Güte der Waldstandorte etabliert. Sie wird als Zuwachs in Kilogramm Trockensubstanz pro Hektare und Jahr ausgedrückt und hängt von den Merkmalen Höhenlage, Exposition, Azidität des Muttergesteins, Relieftyp und Wuchsgebiet ab (Brassel und Lischke 2001). Im LFI werden die Waldstandorte aufgrund der GWL in vier Standortgüteklassen eingeteilt (Tab. **040**). Gemäss Brassel und Brändli (1999, Tab. 37) entspricht ein guter Standort ungefähr einem solchen mit Fichtenbonität 20 bzw. Buchenbonität 17, womit gemäss Ertragstafeln (Badoux 1983) mit einem mittleren jährlichen Zuwachs von rund 10 m^3/ha (Fichte) bzw. 6 m^3/ha (Buche) gerechnet werden kann. In der Periode LFI3–LFI4 belief sich der durchschnittliche jährliche Zuwachs je nach Standortgüteklasse auf 5,9 m^3/ha (gering), 7,3 m^3/ha (mässig), 10,2 m^3/ha (gut) und 12,6 m^3/ha (sehr gut; nicht dargestellt).

Auf mässige und gute Standorte entfällt je rund ein Drittel der Schweizer Waldfläche (Tab. **040**). Sehr gute Standorte machen etwa einen Fünftel aus. Die Unterschiede

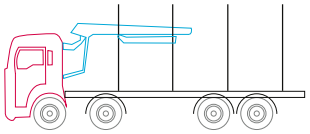
040a **Lastwagentypen**

Verwendete Lastwagenypen für die Erschliessungserhebung mit Strassendimensionen LFI4. Verändert nach Heinimann (2012)

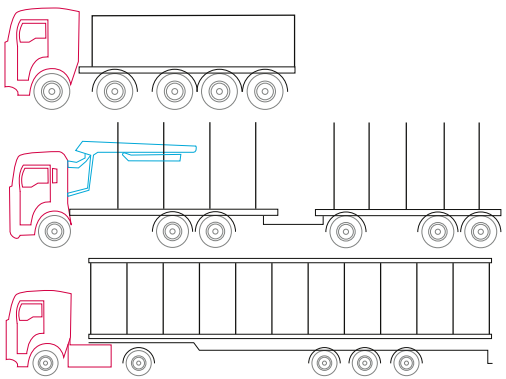
3-Achser
26 t



4-Achser
28 t/32 t



5- bis 6-Achser
40 t/44 t



zwischen den Regionen sind gross: Während in den Voralpen 62%, im Jura 72% und im Mittelland gar 96% der Wälder auf guten bis sehr guten Standorten stocken, sind es in den Alpen nur gerade 17%. Im Jura und in den Voralpen überwiegen gute, im Mittelland sehr gute und in den Alpen mässige Standorte. Auf der Alpensüdseite wächst der Wald überwiegend und zu fast gleichen Teilen auf mässigen und guten Standorten.

Walderschliessung

Um die Wälder bewirtschaften zu können, müssen sie mit lastwagenbefahrbaren Strassen erschlossen sein. Im Rahmen der Befragung der Revierförster werden das Erschliessungskonzept und die mit Lastwagen befahrbaren Waldstrassen erfasst. Als Grundlage werden Landeskarten im Massstab 1:25000 verwendet. Die **Lastwagenstrassen des LFI** weisen eine Fahrbahnbreite von mindestens 2,5 m und einen Oberbau, der für eine Achslast von 10 t dimensioniert ist, auf. Diese Mindestanforderungen kommen seit dem LFI1 zur Anwendung. Sie wurden nicht verändert, damit die Zeitreihe weitergeführt werden kann. Um den Zustand der Walderschliessung genauer analysieren zu können, wurden im LFI4 zusätzliche Attribute zu den Waldstrassen erfasst. Diese geben Auskunft über die Befahrbarkeit mit unterschiedlichen Lastwagentypen. Strassen mit zusätzlichen

040 **Waldfläche nach Standortgüteklassen**

in 1000 ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Wald

	Gesamtwuchsleistung	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz			
Standortgüte	kg/ha/Jahr	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	%	±
gering	bis 1500	26,9	8	6,3	18	36,4	7	131,9	4	19,9	10	221,3	3	16,8	0,4
mässig	1501–3000	29,9	7	3,4	22	51,2	5	250,7	2	91,9	3	427,2	2	32,4	0,5
gut	3001–4500	76,0	4	62,8	5	114,2	3	68,5	5	78,6	3	400,2	2	30,4	0,5
sehr gut	über 4500	68,3	4	157,4	2	30,0	8	10,9	13	1,7	35	268,3	2	20,4	0,4
Total		**201,1**	1	**229,8**	1	**231,9**	1	**462,0**	1	**192,1**	1	**1316,9**	0	**100**	

Attributen sind mindestens auf Lastwagen mit drei Achsen und einem Gesamtgewicht von 26 t ausgelegt (Abb. **040a**) und haben eine Fahrbahnbreite von mindestens 3,0 m. Eine ausführliche Beschreibung des Datensatzes ist in Müller *et al.* (2016) sowie in Fischer und Camin (2013) zu finden.

Während im LFI3 für die Berechnung der Waldstrassenlänge und der Erschliessungsdichte noch die Waldfläche gemäss der Signatur der Landeskarte verwendet wurde, wird für das LFI4 erstmals die LFI-Waldmaske (Waser *et al.* 2015; Ginzler und Hobi 2016) genutzt. Um trotz dieser methodischen Umstellung Vergleiche zu ermöglichen, wurde der Stand der Walderschliessung zum Zeitpunkt des LFI3 aus den Walderschliessungsdaten des LFI4 zurückgerechnet.

Waldstrassenlänge

Die Gesamtlänge der Waldstrassen in der Schweiz gemäss den Mindestanforderungen des LFI beträgt 31 557 km (Tab. **041**). Sie ist damit praktisch gleich wie zum Zeitpunkt des LFI3, als sie sich auf 31 404 km belief (nicht dargestellt). Von den im LFI4 erhobenen Waldstrassen sind 29 674 km (94%) mit 3-achsigen, 26 397 km (84%) mit 4-achsigen und 22 665 km (72%) mit 5- oder 6-achsigen Lastwagen befahrbar (Tab. **041**). Während im Mittelland 89% und im Jura 84% aller Waldstrassen mit einem 5- oder 6-Achser befahren werden können, ist der entsprechende Anteil in den übrigen Regionen viel geringer. In den Voralpen beläuft er sich auf 55%, in den Alpen auf 25% und auf der Alpensüdseite auf nur 8%. Immerhin sind in diesen drei Regionen 84% (Voralpen), 44% (Alpen) bzw. 32% (Alpensüdseite) der Waldstrassen noch mit einem 4-Achser befahrbar. Dieser Ausbaustandard wird vom BAFU als Minimum für eine zeitgemässe Walderschliessung betrachtet.



Im Jura und im Mittelland sind die Waldstrassen in der Regel mit 4-achsigen Lastwagen befahrbar; Birmensdorf ZH.

Zwischen LFI3 und LFI4 sind 408 km Waldstrassen neu gebaut (189 km) oder ausgebaut (219 km) worden (Tab. **042,** nicht dargestellt). Dies ist weniger als die Hälfte der Länge, die zwischen den Inventuren LFI2 und LFI3 dazugekommen ist (Cioldi *et al.* 2010, Tab. 40). In den Alpen wurden mit 153 km deutlich mehr Waldstrassen neu gebaut oder ausgebaut als in den übrigen Produktionsregionen (94 km im Mittelland, 81 km im Jura,

WSL/LFI4

47 km in den Voralpen und 33 km auf der Alpensüdseite). In der gleichen Zeit wurden 10 km Strassen renaturiert und 141 km aufgelassen, d. h. bewusst nicht mehr unterhalten. Weitere 120 km Strassen sind, ohne Sanierungsmassnahmen, nicht mehr befahrbar (nicht dargestellt).

Bei den neu gebauten oder ausgebauten Waldstrassen handelt es sich zumeist um Naturstrassen mit einer wassergebundenen Verschleissschicht (Tab. **042**). Insgesamt machen Naturstrassen 76% aller Waldstrassen aus. Asphaltstrassen sind auf 23% und Betonstrassen auf lediglich 1% des Waldstrassennetzes anzutreffen (Tab. **043**). Die Anteile sind im Vergleich zum LFI3 unverändert geblieben (Cioldi *et al.* 2010, Tab. 39).

Erschliessungsdichte

Ein gebräuchliches Mass zur Beurteilung der Erschliessungssituation ist die Erschliessungsdichte, die als Länge der Waldstrassen pro Hektare Wald angegeben wird.

Die Erschliessungsdichte im Schweizer Wald beträgt 25,7 m/ha, wenn man alle Strassen, die die LFI-Mindestanforderungen erfüllen, einbezieht (Tab. **044**). Im LFI3 belief sie sich gemäss Neuberechnung auf 25,5 m/ha (nicht dargestellt). Sie hat sich damit nicht verändert. Betrachtet man nur die Strassen, die mindestens mit einem 4-Achser befahrbar sind, dann beträgt die Erschliessungsdichte 21,5 m/ha.

Das Mittelland (59,3 m/ha) und der Jura (40,1 m/ha) sind deutlich dichter erschlossen als die Voralpen (17,3 m/ha), die Alpen (12,0 m/ha) und die Alpensüdseite (5,1 m/ha), und die Unterschiede werden noch grösser, wenn man nur die Strassen berücksichtigt, die mit mindestens 4-achsigen Lastwagen befahren werden können (Tab. **044**). Generell weisen die Wälder der Tieflagen mit 40,1 m/ha eine wesentlich höhere Erschliessungsdichte auf als die Wälder der Hochlagen mit 11,4 m/ha (Angaben gemäss Mindestanforderungen LFI für Waldstrassen; nicht dargestellt).

Erschliessungskonzept

Eine weitere Grundlage für die Beurteilung der Erschliessungssituation ist das Erschliessungskonzept. Dieses wird im Rahmen der Umfrage bei den Revierförstern erfasst. Schweizweit beruht die Walderschliessung zu 44% auf den beiden vollumfänglich bodengestützten Konzepten «Strasse und Rückegasse» (30%) und «Strasse und Maschinen-

WSL/LFI4

041 **Länge und Dimensionierung der Waldstrassen**

in km pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Gesamtfläche

Fahrzeug	Gewicht	Strassenbreite	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüdseite	Schweiz	
			km	km	km	km	km	km	%
	18–25 t	2,5–2,9 m	327	477	183	595	301	1883	6,0
3-Achser	26 t	3,0–3,4 m	280	209	435	1939	234	3097	9,8
		≥3,5 m	6	3	1	109	63	181	0,6
4-Achser	28–32 t	3,0–3,4 m	683	778	1122	778	137	3499	11,1
		≥3,5 m	8	16	18	119	72	233	0,7
5- bis 6-Achser	40–44 t	3,0–3,4 m	6139	11414	1990	928	35	20505	65,0
		≥3,5 m	797	863	202	264	32	2160	6,8
Total			**8240**	**13760**	**3951**	**4732**	**874**	**31557**	**100**

042 **Neu gebaute und ausgebaute Waldstrassen nach Belagstyp**

in km pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Gesamtfläche

	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüdseite	Schweiz	
	km	km	km	km	km	km	%
Naturstrasse (wassergebundene Verschleissschicht)	76	92	41	136	18	363	89,0
Asphaltstrasse (bituminös gebundene Verschleissschicht)	3	2	4	11	11	31	7,6
Betonstrasse (hydraulisch gebundene Verschleissschicht)	1	1	2	6	4	14	3,4
Total	**81**	**94**	**47**	**153**	**33**	**408**	**100**

043 **Waldstrassen nach Belagstyp**

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Gesamtfläche

	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüdseite	Schweiz	
	%	%	%	%	%	%	km
Naturstrasse (wassergebundene Verschleissschicht)	80,9	85,9	60,3	61,8	28,0	76,2	24058
Asphaltstrasse (bituminös gebundene Verschleissschicht)	18,5	12,5	38,4	37,4	71,1	22,7	7156
Betonstrasse (hydraulisch gebundene Verschleissschicht)	0,6	1,6	1,1	0,7	1,0	1,1	343
Total	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**31557**

WSL/LFI4

weg» (14%; Tab. **045**). Mit den Erschliessungskonzepten «Strasse und Seillinie» und «Strasse und Fluglinie» wird auf 24% bzw. 18% der Waldfläche gearbeitet. 14% der Waldfläche sollen laut Erschliessungskonzept nicht erschlossen werden.

Geländebedingt sind die Unterschiede zwischen den Regionen gross (Tab. **045**). Im Mittelland basiert das Erschliessungskonzept zu 73% auf Strassen und Rückegassen. Auch im Jura ist dieses Konzept mit einem Anteil von 52% das wichtigste, einen namhaften Anteil macht mit 33% aber auch das Konzept «Strasse und Maschinenweg» aus. Im Gegensatz dazu ist in den Voralpen und in den Alpen das Erschliessungskonzept «Strasse und Seillinie» mit Anteilen von 33% und 39% am häufigsten. Die beiden Regionen unterscheiden sich dadurch, dass in den erschliessungstechnisch einfacheren Voralpen das Konzept «Strasse und Rückegasse» (24%) an zweiter Stelle folgt, in den anspruchsvolleren Alpen aber das Konzept «Strasse und Fluglinie» (30%). Auf der Alpensüdseite ist sodann das Erschliessungskonzept «Strasse und Fluglinie» das wichtigste. Es kommt auf 43% der Waldfläche zum Zug.

Die Revierförster betrachten die Erschliessung auf 97% der Waldfläche für abgeschlossen (nicht dargestellt). Geplant oder erwünscht wäre eine weitere Erschliessung mit Strassen auf 3% der Waldfläche, wobei dieser Anteil regional kaum variiert (1% in den Alpen, 3% im Mittelland).

044 Dichte der Waldstrassen nach Dimensionierung

in m/ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Gesamtfläche

Fahrzeug	Gewicht	Strassenbreite	Jura m/ha	Mittelland m/ha	Voralpen m/ha	Alpen m/ha	Alpensüdseite m/ha	Schweiz m/ha
	18–25 t	2,5–2,9 m	1,6	2,1	0,8	1,5	1,8	1,5
3-Achser	26 t	3,0–3,4 m	1,4	0,9	1,9	4,9	1,4	2,5
		≥ 3,5 m	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4	0,1
4-Achser	28–32 t	3,0–3,4 m	3,3	3,4	4,9	2,0	0,8	2,8
		≥ 3,5 m	0,0	0,1	0,1	0,3	0,4	0,2
5- bis 6-Achser	40–44 t	3,0–3,4 m	29,9	49,2	8,7	2,4	0,2	16,7
		≥ 3,5 m	3,9	3,7	0,9	0,7	0,2	1,8
Total			**40,1**	**59,3**	**17,3**	**12,0**	**5,1**	**25,7**

045 Waldfläche nach Erschliessungskonzept

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Wald

Erschliessungskonzept	Jura %	±	Mittelland %	±	Voralpen %	±	Alpen %	±	Alpensüdseite %	±	Schweiz %	±
Strasse und Rückegasse	51,7	1,6	73,4	1,3	24,1	1,3	13,9	0,7	1,5	0,4	30,1	0,5
Strasse und Maschinenweg	33,4	1,5	15,3	1,1	17,3	1,1	5,0	0,5	10,0	1,0	14,0	0,4
Strasse und Seillinie	4,9	0,7	3,2	0,5	32,8	1,4	38,9	1,0	20,8	1,3	23,8	0,5
Strasse und Fluglinie	0,4	0,2	0,3	0,2	7,3	0,8	30,0	0,9	42,7	1,6	18,1	0,4
keine Erschliessung vorgesehen	9,6	0,9	7,8	0,8	18,5	1,1	12,2	0,7	25,0	1,3	14,0	0,4
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

046 **Waldfläche nach Horizontaldistanz Probefläche–Strasse**

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Horizontaldistanz in m	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
bis 100	59,3	1,5	76,4	1,2	33,4	1,4	23,0	0,9	11,2	1,1	39,5	0,6
101–500	38,2	1,5	21,8	1,2	49,6	1,5	47,2	1,1	32,3	1,6	39,4	0,6
501–1000	2,2	0,5	1,5	0,4	14,4	1,0	19,8	0,9	19,7	1,4	12,4	0,4
über 1000	0,3	0,2	0,3	0,2	2,6	0,5	10,0	0,7	36,7	1,7	8,7	0,3
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

Horizontaldistanz

Neben der Erschliessungsdichte und dem Erschliessungskonzept kann auch die Horizontaldistanz von einer Probefläche zur nächsten Strasse die Erschliessungssituation im Schweizer Wald charakterisieren. Handkehrum lässt sich diese Grösse auch nutzen, um die Unberührtheit eines Gebiets zu beurteilen. In die vorliegende Berechnung sind alle Waldstrassen eingeflossen, die die Mindestanforderungen des LFI erfüllen.

Landesweit sind 40% der Waldfläche maximal 100 m von der nächsten Waldstrasse entfernt (Tab. **046**). Auf 39% der Waldfläche beträgt die Distanz 100 bis 500 m, auf weiteren 12% 500 bis 1000 m. Auf 9% der Waldfläche ist der Abstand zur nächsten Waldstrasse grösser als 1000 m.

Im Mittelland und im Jura liegt mit Anteilen von 79% und 59% die Mehrheit des Waldes in einem Abstand von 100 m zur nächsten Waldstrasse. Im Vergleich dazu befinden sich in den Voralpen nur 33%, in den Alpen 23% und auf der Alpensüdseite 11% in diesem Distanzbereich. In den Voralpen und in den Alpen sind Horizontaldistanzen



Auch mit Mobilseilkränen können die Wälder effizient bewirtschaftet werden; Muotathal SZ.

WSL/LFI4

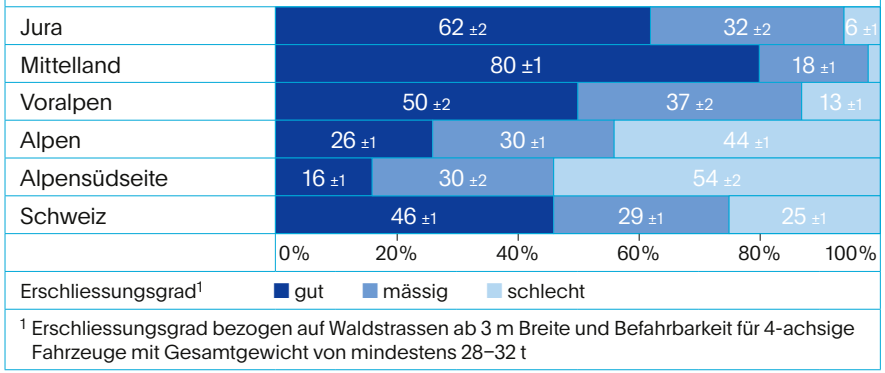
047a **Definition Erschliessungsgrad**

Schematische Darstellung der Herleitung des Erschliessungsgrads mittels der Schrägdistanz zwischen Probefläche und nächstgelegener Waldstrasse (Waldstrassen ab 3 m Breite und Befahrbarkeit für 4-achsige Fahrzeuge mit Gesamtgewicht von mindestens 28–32 t)

	Erschliessungsgrad		
	gut	mässig	schlecht
bodengestützte Holzernteverfahren	≤ 125 m	126–500 m	>500 m
seilgestützte Holzernteverfahren	≤500 m	501–1500 m	>1500 m
luftgestützte Holzernteverfahren	≤500 m	501–1500 m	>1500 m

047 **Waldfläche nach Erschliessungsgrad[1]**

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald



[1] Erschliessungsgrad bezogen auf Waldstrassen ab 3 m Breite und Befahrbarkeit für 4-achsige Fahrzeuge mit Gesamtgewicht von mindestens 28–32 t

zwischen 100 und 500 m am häufigsten, auf der Alpensüdseite solche zwischen 100 und 500 sowie über 1000 m.

Erschliessungsgrad

Für die Beurteilung des Erschliessungsgrads anhand der drei Kategorien «gut», «mittel», «schlecht» werden die Schrägdistanz zwischen der jeweiligen Probefläche und der nächsten Waldstrasse und das aktuell angewendete Holzernteverfahren gemäss Umfrage kombiniert. Aufgrund der heute eingesetzten Holzernte- und Transportmittel darf der Erschliessungsgrad als gut beurteilt werden, wenn bei bodengestützten Verfahren die Schrägdistanz maximal 125 m zur nächsten mit mindestens 4-achsigen Lastwagen (Abb. **040a**) befahrbaren Waldstrasse beträgt (Abb. **047a**; Brändli *et al.* 2016). Bei seilgestützten und luftgestützten Holzernteverfahren vergrössert sich die Schrägdistanz in der Kategorie «gut» auf 500 m. Bei Schrägdistanzen von mehr als 500 m (bodengestützte Verfahren) bzw. 1500 m (seil- und luftgestützte Verfahren) gilt der Erschliessungsgrad dagegen als schlecht.

Für 46% des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald in der Schweiz ist der Erschliessungsgrad gut (Abb. **047**), was bedeutet, dass er eine effiziente Holzernte erlaubt. Auf 29% der Waldfläche ist er mässig und auf den übrigen 25% schlecht. Die bereits in diesem Kapitel festgestellten Unterschiede zwischen den Regionen verdeutlichen sich beim Erschliessungsgrad noch mehr: Während im Mittelland 80% der Waldfläche gut und 98% mässig bis gut erschlossen sind, belaufen sich die jeweiligen Anteile in den Alpen auf 26% bzw. 56% und auf der Alpensüdseite gar lediglich auf 16% bzw. 46%. Bezüglich Erschliessungsgrad liegen der Jura und die Voralpen deutlich näher beim Mittelland als bei den Alpen oder der Alpensüdseite. Die beiden Regionen weisen insbesondere mit Anteilen von 6% (Jura) und 13% (Voralpen) kaum schlecht erschlossene Gebiete auf. Dagegen sind in den Alpen 44% und auf der Alpensüdseite 54% der Waldfläche schlecht erschlossen.

Bei weiterer Differenzierung zeigt sich, dass in gut erschlossenen Regionen bodengestützte Holzernteverfahren dominieren, in schlecht erschlossenen jedoch seil- und

luftgestützte (Tab. **048**). So werden beispielsweise in den Alpen nur auf 26% der Waldfläche (102 100 ha) und auf der Alpensüdseite gar nur auf 17% der Waldfläche (26 400 ha) bodengestützte Holzernteverfahren eingesetzt.

Betrachtet man nur die Waldfläche, auf der gemäss Umfrage bei den Revierförstern in den nächsten 20 Jahren ein Eingriff angezeigt ist (773 000 ha), so weist etwas über die Hälfte (58%) einen guten Erschliessungsgrad auf (Tab. **048**).

048 **Waldfläche nach Holzernteverfahren, Schrägdistanz zur nächsten Waldstrasse, Erschliessungsgrad und Dringlichkeit des nächsten Eingriffs**

in 1 000 ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Holzernte-verfahren	Schrägdistanz Probefläche–Strasse[1]	Erschliessungs-grad	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz		nächster Eingriff angezeigt in 0–20 Jahren	
			1 000 ha	± %	1 000 ha	± %	1 000 ha	± %	1 000 ha	± %	1 000 ha	± %	1 000 ha	± %	1 000 ha	± %
bodengestützt	0–125	gut	112,0	3	173,3	2	53,2	5	22,8	9	5,2	19	366,4	2	340,7	2
	126–500	mässig	61,5	5	40,2	6	43,8	6	23,0	9	5,1	20	173,7	3	142,1	3
	>500	schlecht	12,1	13	4,9	20	19,8	10	56,3	6	16,1	11	109,2	4	60,5	6
	Total		**185,6**	**1**	**218,4**	**1**	**116,8**	**3**	**102,1**	**4**	**26,4**	**8**	**649,2**	**1**	**543,4**	**1**
seil- und luftgestützt	0–500	gut	12,1	12	7,5	16	58,6	5	80,8	4	19,6	9	178,7	3	104,8	4
	501–1500	mässig	1,6	35	1,6	35	37,8	7	94,4	4	42,6	6	178,0	3	71,0	5
	>1500	schlecht	0,0	*	0,0	*	8,8	15	116,3	4	69,2	4	194,3	3	52,3	6
	Total		**13,7**	**12**	**9,1**	**14**	**105,2**	**3**	**291,6**	**2**	**131,4**	**2**	**551,0**	**1**	**228,1**	**3**
Total		gut	124,1	3	180,7	2	111,8	3	103,6	4	24,8	8	545,1	1	445,5	1
		mässig	63,1	5	41,8	6	81,6	4	117,5	4	47,7	6	351,7	2	213,2	3
		schlecht	12,1	13	4,9	20	28,5	8	172,6	3	85,4	4	303,5	2	112,8	4
		keine Angabe	0,8	50	0,4	71	0,4	71	0,0	*	0,4	71	2,0	32	1,5	35
	Total		**200,1**	**1**	**227,9**	**1**	**222,3**	**1**	**393,7**	**1**	**158,3**	**2**	**1 202,2**	**1**	**773,0**	**1**

[1] Waldstrassen ab 3 m Breite und Befahrbarkeit für 4-achsige Fahrzeuge mit Gesamtgewicht von mindestens 28–32 t
* Schätzfehler nicht berechenbar

WSL/LFI4

2.3 Holzvorrat, Stammzahl und Baumarten

- Das Holzvolumen der lebenden und toten Bäume («Gesamtholzvolumen») im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald beträgt 450 Mio. m^3 oder 374 m^3/ha. Unter Einbezug der Waldflächenzunahme hat das Gesamtholzvolumen im Vergleich zum LFI3 um rund 4 % zugenommen.

- Das Holzvolumen der lebenden Bäume («Vorrat») beläuft sich auf 421 Mio. m^3 oder 350 m^3/ha.

- Auf den gemeinsamen Probeflächen von LFI3 und LFI4 hat der Vorrat im Schweizer Wald um rund 12 Mio. m^3 oder 2,9% zugenommen. Regional war die Entwicklung aber unterschiedlich: Sie reicht von einer Vorratszunahme um 12% auf der Alpensüdseite bis zu einer Vorratsabnahme um 4% im Mittelland.

- Nadelbäume machen 68% des Vorrates aus. Von allen Baumarten stellt die Fichte mit 43% den höchsten Vorratsanteil. Es folgen die Buche mit 18% und die Weisstanne mit 15%.

- Im Schweizer Wald leben rund 497 Mio. Bäume ab 12 cm BHD. Die Stammzahl der zwei häufigsten Baumarten Fichte und Buche hat im Vergleich zum LFI3 abgenommen, während diejenige von Tanne, Lärche und Ahorn zugenommen hat.

Die Schätzung der Anzahl (Stammzahl) und des Volumens (Vorrat) der Bäume und Sträucher im Schweizer Wald ist eine Kernaufgabe des Landesforstinventars. Zu diesem Zweck werden alle stehenden und liegenden Individuen ab 12 cm Brusthöhendurchmesser (BHD) auf den Probeflächen erhoben. Auch solche mit einem BHD unter 12 cm werden gezählt (Jungwaldstammzahl), ihr Volumen wird dagegen nicht ermittelt.

Als **Stammzahl** wird die Anzahl der lebenden Bäume und Sträucher ab 12 cm BHD bezeichnet. Die **Gesamtstammzahl** beinhaltet dagegen auch die Stammzahl der toten Bäume und Sträucher. Analog bezieht sich das **Gesamtholzvolumen** auf sämtliche lebende und tote, stehende wie liegende Bäume und Sträucher ab 12 cm BHD. Es entspricht dem international verwendeten Begriff «standing volume» (MCPFE 2007, S. 241). Der **Vorrat** umfasst hingegen nur die lebenden Bäume und Sträucher, die den Zuwachs liefern und international als «growing stock» (MCPFE 2007, S. 236) bezeichnet werden. Das **Totholzvolumen** beinhaltet alle stehenden und liegenden toten Individuen.

Bezüglich Stammzahl und Vorrat sind die Sträucher praktisch irrelevant, da sie selten einen BHD von 12 cm erreichen. Daher wird in der Folge in der Regel von Bäumen gesprochen, obwohl auch die Sträucher mitgemeint sind.

Die hier angegebenen Volumina beziehen sich auf den zugänglichen Wald ohne Gebüschwald und setzen sich aus den Volumina der einzelnen Bäume zusammen. Das Einzelbaumvolumen wird als Schaftholz in Rinde berechnet. Es umfasst damit auch das Schaftreisig und den Stock, nicht aber das Astholz (Abb. **049**). Da das Volumen eines Einzelbaums nicht direkt gemessen werden kann, wird es mithilfe von mathematischen Funktionen geschätzt. Diese basieren auf den Beziehungen zwischen dem Schaftholzvolumen einerseits und andererseits dem BHD, dem Durchmesser in 7 m Höhe (d7), der Baumhöhe (h) sowie Standort- und Bestandesmerkmalen. Die grundlegenden Funktionen zur Ermittlung von Holzvorräten sind die **Schaftvolumenfunktionen** und die **Tarifunktionen**. Die Methode der Vorratsermittlung ist in Herold *et al.* 2019 und in Kaufmann 2001 näher erläutert.

Der aktuelle Vorrat (LFI4) wird auf der Basis aller 6042 im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald (1,4-km-Netz) erhobenen Probeflächen berechnet. Die Vorratsveränderung LFI3/LFI4 hingegen basiert wie praktisch alle Veränderungsauswertungen in diesem Bericht auf denjenigen 5824 Probeflächen, die sowohl im LFI3 als auch im LFI4 im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald erhoben worden sind. Das bedeutet, dass Vorratsänderungen infolge Waldflächenveränderungen

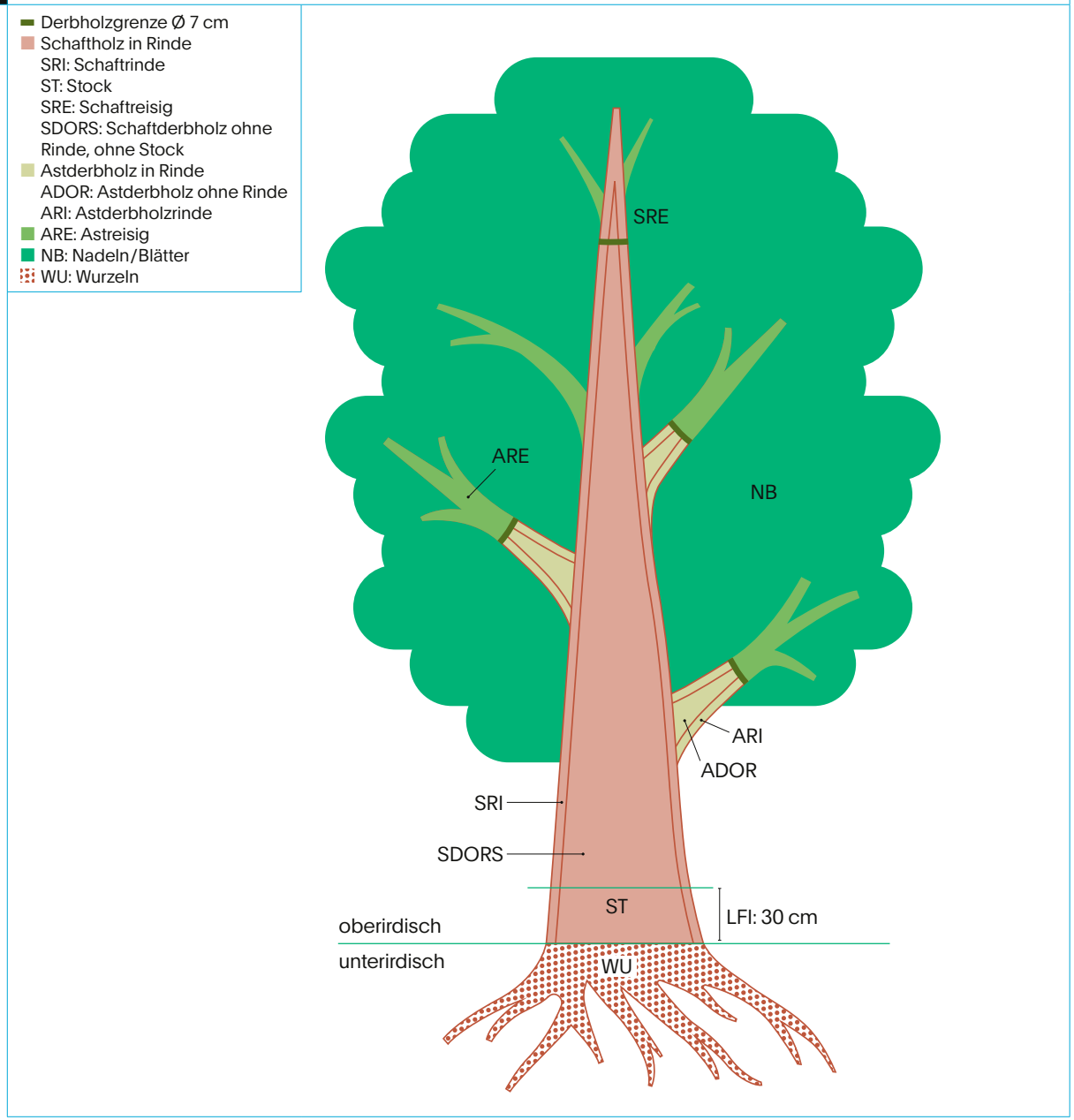
nicht berücksichtigt sind. Um auch Aussagen zur Gesamtentwicklung der Schweizer Waldressourcen zu ermöglichen, wurden die Vorräte der vier Inventuren LFI1, LFI2, LFI3 und LFI4 auf der Basis aller Probeflächen im Basisnetz (1,4-km-Netz) berechnet (Tab. **050**), also jeweils unter Einschluss hinzugekommener und weggefallener Waldprobeflächen.

Gesamtholzvolumen

Das Gesamtholzvolumen im Schweizer Wald beträgt nach LFI4 450 Mio. m^3 oder 374 m^3/ha (Tab. **050**). Es hat erneut zugenommen, jedoch in kleinerem Mass als zwischen LFI2 und LFI3 und deutlich weniger stark als zwischen LFI1 und LFI2. Unter Berücksichtigung der Waldzunahme (+2,4%; Kap. 2.1, Tab. **019**) ist das Gesamtholzvolumen zwischen LFI1 und LFI2 um 43 Mio. m^3 oder 12%, zwischen LFI2 und LFI3 um 22 Mio. m^3 oder 5% und zwischen LFI3 und LFI4 um 18 Mio. m^3 oder 4% angestiegen (Tab. **050**). Zur Zunahme zwischen LFI3 und LFI4 haben lebende Bäume 14 Mio. m^3 und tote Bäume 4 Mio. m^3 beigetragen. Auch das Totholzvolumen hat weiter zugenommen, jedoch ebenfalls weniger stark als in der Vorperiode und mit markanten regionalen Unterschieden (nicht dargestellt). Weitere quantitative und qualitative Aspekte des Totholzes werden im Kapitel 5.5 beschrieben.

WSL/LFI4

049 **Definition der Baumkomponenten**



050 **Gesamtholzvolumen nach Baumzustand und Inventur**

in Mio. m^3 und m^3/ha
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald in der jeweiligen Inventur im Basisnetz (1,4-km-Netz)

Zustand	LFI1		LFI2		LFI3		LFI4			
	Mio. m^3	± %	Mio. m^3	± %	Mio. m^3	± %	Mio. m^3	± %	m^3/ha	± %
Vorrat	361	1	398	1	407	1	421	1	350,1	1
Totholzvolumen*	6	5	12	4	25	3	29	3	24,2	3
Gesamtholzvolumen	**367**	**1**	**410**	**1**	**432**	**1**	**450**	**1**	**374,4**	**1**

* Totholzvolumen im LFI1 umfasst nur «verwertbares» Totholz



Reine Fichtenbestände werden im Mittelland zunehmend durch Mischbestände oder reine Laubbestände ersetzt; Ermatingen TG.

Betrachtet man jenen Teil des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald, der im LFI3 und im LFI4 als Wald aufgenommen wurde, so hat das Gesamtholzvolumen um 16 Mio. m^3 oder 13,8 m^3/ha zugenommen (Tab. **052**). Allerdings war nicht in allen Regionen eine Zunahme zu verzeichnen. Im Mittelland nahm das Gesamtholzvolumen um knapp 3 Mio. m^3 ab (Tab. **051**). In den übrigen Regionen nahm es hingegen zu, wobei die Alpen und die Alpensüdseite mit zusammen knapp 15 Mio. m^3 die grösste Zunahme aufwiesen. Heute stehen 30% des Gesamtholzvolumens in den Alpen, 23% in den Voralpen, 20% im Mittelland, 18% im Jura und 9% auf der Alpensüdseite (Tab. **053**). Gesamtschweizerisch besteht das Gesamtholzvolumen zu 69% aus Nadelholz (309 Mio. m^3) und zu 31% aus Laubholz (141 Mio. m^3, Tab. **053**). Von allen Baumarten hat die Fichte mit 44% (197 Mio. m^3) den höchsten Anteil am Gesamtholzvolumen. Es folgen die Buche mit 17% (78 Mio. m^3) und die Tanne mit 15% (67 Mio. m^3; nicht dargestellt).

Das Gesamtholzvolumen bezogen auf die Waldfläche beträgt 374 m^3/ha im Landesdurchschnitt. Es variiert je nach Region: Am geringsten ist es auf der Alpensüdseite, wo es mit 265 m^3/ha rund 30% unter dem schweizerischen Mittel liegt (Tab. **054**). Am höchsten – rund 25% über dem Mittel – ist es dagegen mit 470 m^3/ha in den Voralpen. Im Vergleich dazu bewegt sich das Gesamtholz-

volumen in den Regionen Alpen (342 m^3/ha), Jura (394 m^3/ha) und Mittelland (397 m^3/ha) in einem recht ähnlichen Bereich.

Privatwälder haben mit durchschnittlich 445 m^3/ha ein um rund 30% höheres Gesamtholzvolumen als öffentliche Wälder, deren Gesamtholzvolumen sich im Durchschnitt auf 341 m^3/ha beläuft (Tab. **054**). Dies hängt unter anderem damit zusammen, dass die weniger produktiven Hochlagenwälder fast alle in öffentlicher Hand sind. Im Jura entfallen 30%, in den Alpen 28% und auf der Alpensüdseite 25% des Gesamtholzvolumens auf den Privatwald (nicht dargestellt). Im Mittelland und in den Voralpen ist der entsprechende Anteil mit 48% bzw. 57% viel höher. Auch das Totholzvolumen ist im Privatwald (26 m^3/ha) etwas grösser als im öffentlichen Wald (23 m^3/ha). Gesamtschweizerisch stocken 39% des Gesamtholzvolumens im Privatwald.

052 **Gesamtholzvolumen und Veränderung nach Baumzustand**

in Mio, m^3, m^3/ha und %
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

Zustand	LFI3				LFI4			
	Mio. m^3	± %	m^3/ha	± %	Mio. m^3	± %	m^3/ha	± %
Vorrat	402	1	346,9	1	414	1	357,0	1
Totholzvolumen	24	3	21,1	3	29	3	24,8	3
Gesamtholzvolumen	**426**	**1**	**368,0**	**1**	**442**	**1**	**381,8**	**1**

Veränderung	LFI3–LFI4					
	Mio. m^3	± %	m^3/ha	± %	%	±
Vorrat	12	22	10,1	22	2,9	0,7
Totholzvolumen	4	13	3,7	13	17,4	2,5
Gesamtholzvolumen	**16**	**16**	**13,8**	**16**	**3,7**	**0,6**

051 **Veränderung des Gesamtholzvolumens nach Nadel- und Laubholz und Baumzustand**

in 1000 m^3 pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

	Baumzustand	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
		1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %
Nadelholz	lebend	492	*	–4253	26	354	*	7038	16	2046	19	5677	38
	tot	479	29	9	*	121	*	1648	16	384	39	2641	20
	Total Nadelholz	**971**	**80**	**–4244**	**26**	**476**	*	**8686**	**13**	**2430**	**15**	**8318**	**27**
Laubholz	lebend	1176	50	1096	60	903	54	906	61	1945	20	6027	20
	tot	475	21	264	37	142	49	289	26	440	22	1610	12
	Total Laubholz	**1651**	**35**	**1360**	**48**	**1045**	**47**	**1195**	**47**	**2386**	**17**	**7636**	**16**
Total	lebend	1668	60	–3157	42	1258	*	7944	16	3992	14	11704	22
	tot	958	17	273	87	268	*	1928	14	825	22	4251	13
	Total	**2626**	**39**	**–2885**	**47**	**1525**	**94**	**9872**	**13**	**4816**	**11**	**15955**	**16**

* Schätzfehler ≥ 100%

053 Gesamtholzvolumen nach Nadel- und Laubholz und Baumzustand

in 1000 m^3 pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

	Baumzustand	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
		1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %
Nadelholz	lebend	40807	3	46706	3	73741	3	105852	2	19424	5	286530	1
	tot	2187	8	2243	8	6023	7	10674	4	1637	12	22764	3
	Total Nadelholz	**42994**	**3**	**48949**	**3**	**79764**	**3**	**116527**	**2**	**21061**	**5**	**309295**	**1**
Laubholz	lebend	34744	3	40167	3	23749	4	16810	5	18912	4	134382	2
	tot	1162	11	1262	10	900	11	1133	10	1894	8	6351	4
	Total Laubholz	**35906**	**3**	**41429**	**3**	**24650**	**4**	**17943**	**5**	**20806**	**4**	**140734**	**2**
Total	lebend	75552	2	86872	2	97490	2	122662	2	38336	3	420912	1
	tot	3352	7	3505	7	6928	7	11816	4	3531	7	29132	3
	Total	**78904**	**2**	**90377**	**2**	**104418**	**2**	**134478**	**2**	**41867**	**3**	**450044**	**1**

054 Gesamtholzvolumen nach Baumzustand und Eigentum

in m^3/ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Eigentum	Baumzustand	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
		m^3/ha	± %	m^3/ha	± %	m^3/ha	± %	m^3/ha	± %	m^3/ha	± %	m^3/ha	± %
öffentlicher Wald	lebend	353,0	2	331,0	2	387,7	3	302,8	2	230,9	3	317,1	1
	tot	16,5	8	14,6	9	28,7	8	30,1	5	20,8	8	23,4	3
	Total	**369,5**	**2**	**345,6**	**2**	**416,4**	**3**	**333,0**	**2**	**251,7**	**3**	**340,5**	**1**
privater Wald	lebend	450,7	4	454,3	3	487,2	3	337,0	4	284,4	5	418,5	2
	tot	17,4	13	16,5	10	33,5	10	29,7	9	27,9	10	25,9	5
	Total	**468,1**	**4**	**470,8**	**3**	**520,7**	**3**	**366,6**	**3**	**312,4**	**5**	**444,5**	**1**
Gesamt	lebend	377,6	2	381,3	2	438,5	2	311,6	2	242,2	3	350,1	1
	tot	16,8	7	15,4	6	31,2	6	30,0	4	22,3	7	24,2	3
	Total	**394,3**	**2**	**396,6**	**2**	**469,7**	**2**	**341,6**	**2**	**264,6**	**2**	**374,4**	**1**

Vorrat

Der Vorrat, das Holzvolumen der lebenden Bäume, ist einer der wichtigsten internationalen Indikatoren für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung (vgl. «growing stock» in Forest Europe 2015a, S. 74). Im Schweizer Wald beträgt der Vorrat rund 421 Mio. m^3 oder 350 m^3/ha (Tab. **055** und **056**). Dieser Durchschnittswert ist im internationalen Vergleich sehr hoch. So weisen die europäischen Wälder im Durchschnitt lediglich einen Vorrat von 163 m^3/ha auf (Forest Europe 2015a, S. 74). In den standörtlich mit der Schweiz vergleichbaren Wäldern von Mitteleuropa ist der Hektarvorrat allerdings deutlich höher als im europäischen Schnitt. In Deutschland beträgt er zum Beispiel 321 m^3/ha und in Slowenien 346 m^3/ha (Forest Europe 2015a, S. 250). In diesen beiden Ländern ist er damit fast gleich hoch wie in der Schweiz. Die vorratsreichsten Wälder der Schweiz sind mit durchschnittlich 452 m^3/ha in den östlichen Voralpen zu finden (Abb. **057**), gefolgt von denen in den zentralen und den westlichen Voralpen (432 bzw. 431 m^3/ha), dem Mittelland (380–383 m^3/ha) und dem westlichen Teil des Juras (380 m^3/ha). In den Wirtschaftsregionen der Alpen bewegen sich die Vorräte zwischen 264 m^3/ha (Alpen Südwest) und 372 m^3/ha (Alpen Mitte). Auf der Alpensüdseite ist der Hektarvorrat mit 242 m^3/ha am tiefsten.



Die Kastanie hat einen wesentlichen Anteil am Vorrat auf der Alpensüdseite; Peccia TI.

WSL/LFI4

055 **Vorrat nach Eigentum, Nadel- und Laubholz**

in 1000 m^3 pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Eigentum		Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
		1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %
öffentlicher Wald	Nadelholz	28660	4	23018	5	32244	5	80029	3	18068	6	182018	2
	Laubholz	24205	4	21659	5	9891	8	8571	7	10728	6	75053	2
	Total	**52864**	**3**	**44677**	**4**	**42135**	**4**	**88600**	**2**	**28796**	**4**	**257071**	**1**
privater Wald	Nadelholz	12148	9	23688	6	41497	5	25823	6	1356	25	104512	3
	Laubholz	10539	8	18508	6	13859	7	8239	9	8184	9	59329	3
	Total	**22687**	**7**	**42196**	**4**	**55356**	**4**	**34062**	**5**	**9540**	**8**	**163841**	**2**
Total	Nadelholz	40807	3	46706	3	73741	3	105852	2	19424	5	286530	1
	Laubholz	34744	3	40167	3	23749	4	16810	5	18912	4	134382	2
	Total	**75552**	**2**	**86872**	**2**	**97490**	**2**	**122662**	**2**	**38336**	**3**	**420912**	**1**



Der Laubholzvorrat hat überall zugenommen. Mittlerweile macht er rund einen Drittel des Vorrats aus; Horgen ZH.

Auf der mit dem LFI3 vergleichbaren Waldfläche (gemeinsame Probeflächen) hat der Vorrat um 12 Mio. m^3 oder 2,9% zugenommen (Tab. **060** und **061**). Auffallend sind die grossen regionalen Unterschiede, die eine direkte Folge unterschiedlicher Nutzungsintensitäten sind (Kap. 4.4). Während der Vorrat auf der Alpensüdseite um 12% und in den Alpen um 7% zunahm, hat er im Mittelland um 4% abgenommen. Abbildung **058** zeigt die **Veränderung des Hektarvorrats** zwischen LFI3 und LFI4 in den Wirtschaftsregionen. Am grössten ist die Vorratszunahme in den zentralen Alpen mit 48 m^3/ha und auf der Alpensüdseite mit 27 m^3/ha. Seit dem LFI3 ging der Hektarvorrat dagegen im Mittelland von 396 m^3/ha auf 382 m^3/ha zurück (nicht dargestellt), wobei im zentralen Mittelland die Vorratsabnahme am stärksten war (–32 m^3/ha).

Blickt man bis zum LFI1 zurück, zeigt sich, dass der Holzvorrat im Landesdurchschnitt während den letzten drei Jahrzehnten stetig zugenommen hat, und das auf den gemeinsamen Probeflächen der vier Inventuren

056 **Vorrat nach Hauptbaumart**

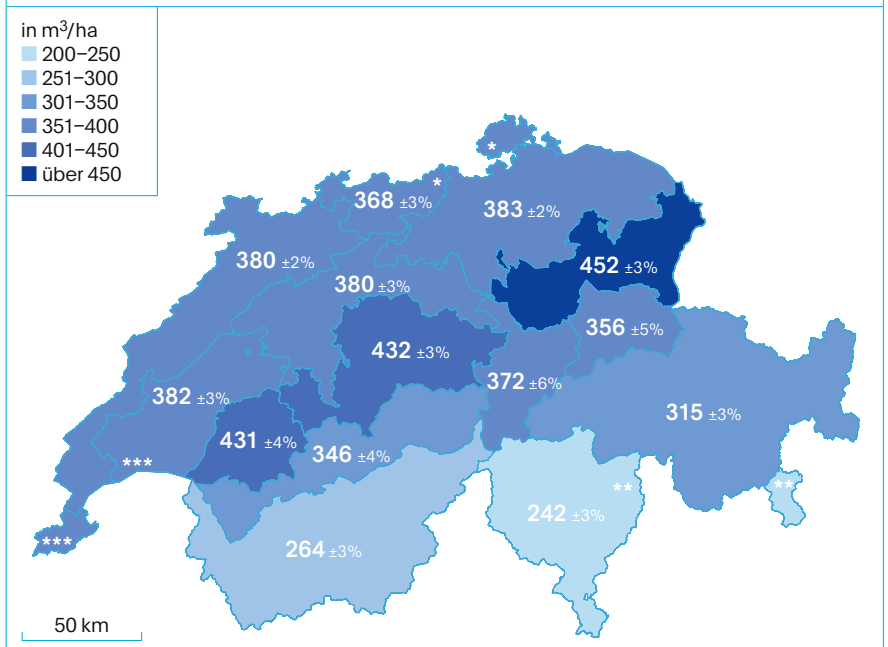
in 1000 m^3 und m^3/ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Hauptbaumart	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz			
	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	m^3/ha	± %
Fichte	21395	5	26549	5	49897	3	72324	3	11080	8	181244	2	150,8	2
Tanne	16425	6	14993	6	22511	5	7908	8	1824	18	63662	3	53,0	3
Föhre	2313	13	2814	11	724	32	5531	9	400	42	11781	6	9,8	6
Lärche	265	35	1286	16	455	36	17202	6	6077	8	25285	4	21,0	4
Arve	0	*	0	*	70	75	2771	10	15	60	2856	10	2,4	10
übrige Nadelhölzer	409	38	1064	26	85	53	115	28	29	93	1702	19	1,4	19
Total Nadelholz	**40807**	**3**	**46706**	**3**	**73741**	**3**	**105852**	**2**	**19424**	**5**	**286530**	**1**	**238,3**	**1**
Buche	23961	4	22246	4	16124	5	7680	8	6290	9	76300	2	63,5	2
Ahorn	3232	7	3190	9	3106	8	2757	9	446	18	12730	4	10,6	4
Esche	2929	10	6935	8	3070	11	1820	12	1173	16	15927	5	13,2	5
Eiche	2390	13	4220	10	307	23	634	21	954	16	8505	7	7,1	7
Kastanie	0	*	77	92	0	*	131	49	5352	10	5559	9	4,6	9
übrige Laubhölzer	2233	15	3499	12	1142	12	3788	9	4698	7	15360	5	12,8	5
Total Laubholz	**34744**	**3**	**40167**	**3**	**23749**	**4**	**16810**	**5**	**18912**	**4**	**134382**	**2**	**111,8**	**2**
Total	**75552**	**2**	**86872**	**2**	**97490**	**2**	**122662**	**2**	**38336**	**3**	**420912**	**1**	**350,1**	**1**

* Schätzfehler nicht berechenbar

057 Vorrat

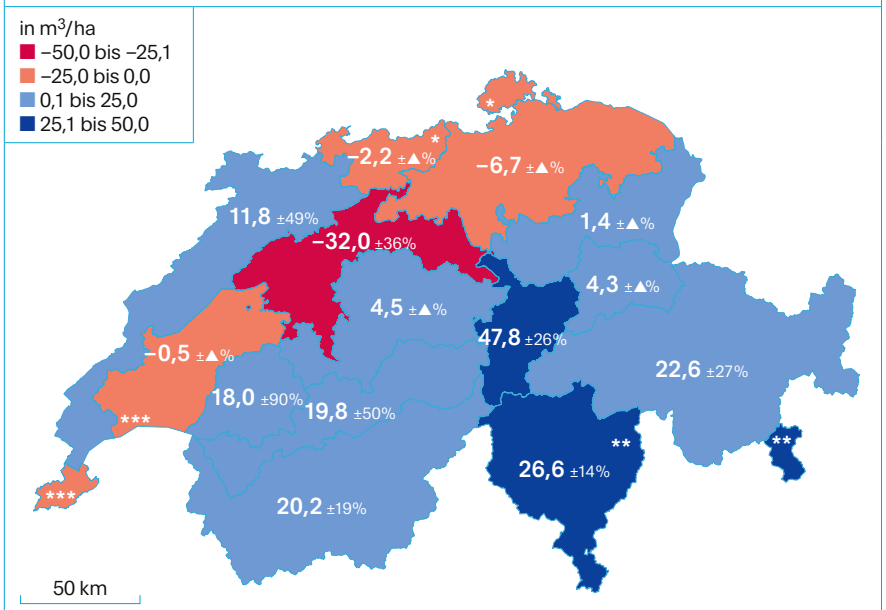
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald



*/**/*** gleiche Wirtschaftsregion

058 Vorratsveränderung

Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4



*/**/*** gleiche Wirtschaftsregion

▲ Schätzfehler ≥ 100%

WSL/LFI4

insgesamt um 12% (nicht dargestellt). Aber während zwischen LFI1 und LFI2 noch in allen Regionen Vorratszunahmen zu verzeichnen waren (im Durchschnitt +9%), gibt es seit dem LFI2 regional gegenläufige Entwicklungen: Stark zugenommen hat der Holzvorrat in den letzten 20 Jahren in den Alpen (+15%) und auf der Alpensüdseite (+30%; nicht dargestellt). Im Mittelland hingegen sank er um 11%, weil der Wald dort stärker genutzt und auch stärker durch Sturmschäden und Borkenkäferbefall beeinträchtigt wurde.

Gesamtschweizerisch hat der Vorrat seit dem LFI3 sowohl im **Privatwald** (+2%) als auch im **öffentlichen Wald** (+4%) zugenommen (Tab. **060**). Dabei ist die Vorratszunahme im Privatwald erstmals geringer als im öffentlichen Wald. Bislang war sie immer grösser. Hervorgerufen wird dieses Phänomen hauptsächlich dadurch, dass im Mittelland die Vorratsabnahme im Privatwald grösser (–6%) als im öffentlichen Wald (–2%) war. Offenbar wurde in den letzten Jahren in gewissen Regionen die Holznutzung im lange unternutzten Privatwald intensiviert. Mehr Informationen zur Holznutzung sind im Kapitel 4.4 zu finden.

Der Vorrat besteht zu 68% aus **Nadelholz** und zu 32% aus **Laubholz** (Tab. **059**). Der Vorratsanteil der Nadelbäume ist in den Alpen mit 86% und in den Voralpen mit 76% deutlich grösser als jener der Laubbäume. In den restlichen Regionen ist das Verhältnis ziemlich

059 Vorrat nach Hauptbaumart

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Hauptbaumart	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
Fichte	28,3	1,1	30,6	1,3	51,2	1,3	59,0	1,1	28,9	1,9	43,1	0,6
Tanne	21,7	1,1	17,3	1,0	23,1	1,1	6,4	0,5	4,8	0,8	15,1	0,4
Föhre	3,1	0,4	3,2	0,3	0,7	0,2	4,5	0,4	1,0	0,4	2,8	0,2
Lärche	0,4	0,1	1,5	0,2	0,5	0,2	14,0	0,7	15,9	1,2	6,0	0,3
Arve	0,0	*	0,0	*	0,1	0,1	2,3	0,2	0,0	0,0	0,7	0,1
übrige Nadelhölzer	0,5	0,2	1,2	0,3	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,4	0,1
Total Nadelholz	**54,0**	**1,3**	**53,8**	**1,4**	**75,6**	**1,1**	**86,3**	**0,7**	**50,7**	**2,0**	**68,1**	**0,5**
Buche	31,7	1,1	25,6	1,1	16,5	0,9	6,3	0,5	16,4	1,5	18,1	0,4
Ahorn	4,3	0,3	3,7	0,3	3,2	0,3	2,2	0,2	1,2	0,2	3,0	0,1
Esche	3,9	0,4	8,0	0,6	3,1	0,3	1,5	0,2	3,1	0,5	3,8	0,2
Eiche	3,2	0,4	4,9	0,5	0,3	0,1	0,5	0,1	2,5	0,4	2,0	0,1
Kastanie	0,0	*	0,1	0,1	0,0	*	0,1	0,1	14,0	1,3	1,3	0,1
übrige Laubhölzer	3,0	0,4	4,0	0,5	1,2	0,1	3,1	0,3	12,3	0,9	3,6	0,2
Total Laubholz	**46,0**	**1,3**	**46,2**	**1,4**	**24,4**	**1,1**	**13,7**	**0,7**	**49,3**	**2,0**	**31,9**	**0,5**
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

* Schätzfehler nicht berechenbar

060 Veränderung des Vorrats nach Eigentum

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

Eigentum	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
öffentlicher Wald	2,0	1,8	–1,6	2,3	1,6	2,5	6,5	1,5	11,1	2,3	3,7	0,9
privater Wald	3,1	3,8	–5,5	2,2	1,1	2,3	8,7	3,4	14,1	4,4	1,7	1,3
Gesamt	**2,3**	**1,4**	**–3,5**	**1,5**	**1,3**	**1,5**	**7,1**	**1,2**	**11,8**	**1,8**	**2,9**	**0,7**

061 **Veränderung des Vorrats nach Hauptbaumart**

in 1000 m^3 pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

Hauptbaumart	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %
Fichte	–148	**	–4016	22	–704	**	4603	20	1273	28	1009	**
Tanne	777	56	310	**	946	55	913	20	150	59	3097	28
Föhre	–237	51	–677	28	34	**	–116	**	16	**	–979	29
Lärche	15	**	–19	**	57	48	1425	25	600	23	2077	20
Arve	0	*	0	*	7	93	212	41	3	53	221	40
übrige Nadelhölzer	85	58	149	79	14	92	0	**	5	94	252	51
Total Nadelholz	**492**	**	**–4253**	**26**	**354**	**	**7038**	**16**	**2046**	**19**	**5677**	**38**
Buche	909	47	305	**	540	72	306	94	558	54	2618	33
Ahorn	169	72	276	58	373	35	468	23	123	46	1410	19
Esche	136	**	280	84	208	66	–29	**	302	28	897	45
Eiche	–17	**	–246	81	–34	91	25	**	66	86	–205	**
Kastanie	0	*	21	**	0	*	5	**	345	58	370	54
übrige Laubhölzer	–21	**	460	36	–185	50	131	**	551	26	937	34
Total Laubholz	**1176**	**50**	**1096**	**60**	**903**	**54**	**906**	**61**	**1945**	**20**	**6027**	**20**
Total	**1668**	**60**	**–3157**	**42**	**1258**	**	**7944**	**16**	**3992**	**14**	**11704**	**22**

* Schätzfehler nicht berechenbar
** Schätzfehler ≥ 100%

WSL/LFI4

ausgeglichen mit einem Nadelholzanteil von 51% auf der Alpensüdseite und von 54% im Jura und im Mittelland. Gesamtschweizerisch ist der Nadelholzanteil im öffentlichen Wald (71%) grösser als im Privatwald (64%; nicht dargestellt). Auf der Alpensüdseite ist der Unterschied massiv: So machen die Nadelbäume im öffentlichen Wald 63%, im Privatwald aber nur 14% des Vorrats aus. Der Grund dafür liegt darin, dass viele Hochlagenwälder im öffentlichen Besitz sind. Nur im Mittelland ist der Nadelholzanteil im Privatwald grösser als im öffentlichen Wald (56% zu 52%).

Seit dem LFI3 hat der Laubholzvorrat in der Schweiz im Durchschnitt um 5% zugenommen (Tab. **062**), der Nadelholzvorrat dagegen nur um 2%. Dadurch ist der Nadelholzanteil am Vorrat von 69% auf 68% gesunken. Im Mittelland ging der entsprechende Anteil von 56% auf 54% zurück (Tab. **059** und Cioldi *et al.* 2010, Tab. 055).



Stammzahlreiche Nadelholzbestände sind in der hochmontanen Stufe häufig anzutreffen; Villeneuve VD.

Stammzahl

Im Schweizer Wald stehen 557 Mio. Bäume und Sträucher ab 12 cm BHD (Tab. **063**). Von dieser **Gesamtstammzahl** sind rund 497 Mio. lebend und 60 Mio. tot. Der Nadelholzanteil beträgt 59%. Am grössten ist dieser erwartungsgemäss in den Voralpen (67%) und in den Alpen (76%). Im Jura und im Mittelland ist das Verhältnis von Nadel- zu Laubbäumen mehr oder weniger ausgeglichen. Auf der Alpensüdseite überwiegen hingegen Laubbäume (69%). Die Gesamtstammzahl ist seit dem LFI3 konstant geblieben, wobei die Abnahme bei den lebenden Bäumen (–1%; nicht dargestellt) durch die starke Zunahme (+19%) bei der Anzahl toter Bäume kompensiert wurde (Tab. **064**). Landesweit machen tote Bäume rund 11% der Gesamtstammzahl aus. Dabei überwiegen die Nadelhölzer mit knapp 38 Mio. oder 63% der Stammzahl der toten Bäume. Bemerkenswert ist der hohe Anteil an toten Individuen bei der Kastanie (27%), der Föhre (20%), der Fichte (12%), der Lärche (11%) und der Eiche (10%; nicht dargestellt). Mehr Informationen zum Totholz sind im Kapitel 5.5 zu finden.

062 **Veränderung des Vorrats nach Hauptbaumart**

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

Hauptbaumart	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
Fichte	–0,7	2,7	–13,2	2,6	–1,4	2,0	7,0	1,5	13,2	3,8	0,6	1,0
Tanne	5,0	2,8	2,1	3,5	4,5	2,5	13,2	2,6	9,0	5,3	5,1	1,5
Föhre	–9,3	4,5	–19,4	4,6	5,0	6,8	–2,1	2,9	4,2	9,5	–7,7	2,2
Lärche	5,9	8,4	–1,5	10,2	14,3	6,1	9,3	2,3	11,4	2,7	9,2	1,8
Arve	0,0	*	0,0	*	10,8	10,2	8,7	3,8	22,5	7,6	8,9	3,7
übrige Nadelhölzer	26,2	11,6	16,3	12,9	19,1	19,8	0,0	9,2	20,5	1,1	17,7	8,8
Gesamt Nadelholz	**1,2**	**1,9**	**-8,4**	**2,0**	**0,5**	**1,7**	**7,3**	**1,2**	**12,1**	**2,4**	**2,1**	**0,8**
Buche	4,0	1,9	1,4	2,2	3,6	2,7	4,2	4,1	9,8	5,9	3,6	1,2
Ahorn	5,5	4,1	9,5	5,6	14,0	5,2	22,1	5,2	40,5	23,7	12,8	2,5
Esche	5,0	5,6	4,3	3,7	7,4	5,1	–1,6	13,6	36,8	10,6	6,1	2,9
Eiche	–0,8	6,3	–5,6	4,4	–10,1	8,5	4,1	7,3	7,5	6,8	–2,4	3,0
Kastanie	0,0	*	37,2	24,7	0,0	*	3,6	11,4	7,0	4,1	7,2	4,0
übrige Laubhölzer	–1,0	6,3	16,8	6,2	–14,7	6,5	3,9	5,0	13,5	3,7	6,9	2,4
Gesamt Laubholz	**3,6**	**1,8**	**2,9**	**1,7**	**4,1**	**2,3**	**5,9**	**3,8**	**11,6**	**2,6**	**4,8**	**1,0**
Gesamt	**2,3**	**1,4**	**–3,5**	**1,5**	**1,3**	**1,5**	**7,1**	**1,2**	**11,8**	**1,8**	**2,9**	**0,7**

* Schätzfehler nicht berechenbar

063 Gesamtstammzahl nach Nadel- und Laubholz und Baumzustand

in 1000 Stück pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

	Baumzustand	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
		1000 Stk.	± %	1000 Stk.	± %	1000 Stk.	± %	1000 Stk.	± %	1000 Stk.	± %	1000 Stk.	± %
Nadelholz	lebend	38990	4	41235	4	62758	3	124312	2	22280	6	289574	1
	tot	4052	7	2944	8	8869	6	19494	4	2820	11	38179	3
	Total Nadelholz	**43041**	**4**	**44179**	**4**	**71627**	**3**	**143806**	**2**	**25100**	**6**	**327753**	**1**
Laubholz	lebend	43104	3	43764	3	32926	4	40466	4	47144	4	207404	2
	tot	2913	8	2622	9	3067	9	5216	7	8302	7	22119	4
	Total Laubholz	**46017**	**3**	**46386**	**3**	**35993**	**4**	**45682**	**4**	**55446**	**4**	**229523**	**2**
Total	lebend	82094	2	84998	2	95684	2	164778	2	69424	3	496978	1
	tot	6985	5	5566	6	11957	5	24714	4	11122	6	60343	2
	Total	**89079**	**2**	**90565**	**2**	**107641**	**2**	**189492**	**2**	**80545**	**3**	**557321**	**1**

WSL/LFI4

064 Veränderung der Gesamtstammzahl nach Nadel- und Laubholz und Baumzustand

in 1000 Stück pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

	Baumzustand	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
		1000 Stk.	± %	1000 Stk.	± %	1000 Stk.	± %	1000 Stk.	± %	1000 Stk.	± %	1000 Stk.	± %
Nadelholz	lebend	–1750	45	–4967	24	–1858	55	3015	39	1174	30	–4386	49
	tot	772	26	–14	*	413	79	2786	14	528	27	4485	14
	Total Nadelholz	**–978**	**84**	**–4981**	**25**	**–1445**	**75**	**5801**	**21**	**1702**	**20**	**99**	*
Laubholz	lebend	–1273	62	–893	*	–1206	56	1138	79	335	*	–1900	93
	tot	964	22	492	38	352	63	1019	27	1930	18	4756	12
	Total Laubholz	**–309**	*	**–402**	*	**–854**	**84**	**2157**	**44**	**2265**	**28**	**2856**	**64**
Total	lebend	–3023	38	–5860	26	–3064	42	4153	37	1508	50	–6286	46
	tot	1756	17	478	63	785	50	3781	13	2458	15	9258	9
	Total	**–1267**	**95**	**–5382**	**29**	**–2279**	**60**	**7934**	**20**	**3967**	**19**	**2973**	*

* Schätzfehler ≥ 100%

Bei den lebenden Bäumen beläuft sich die **Stammzahl** gesamtschweizerisch auf 413 Stk./ha (Tab. **065**). Im Mittelland ist sie mit 373 Stk./ha am geringsten, auf der Alpensüdseite mit 439 Stk./ha am höchsten. Die Unterschiede zwischen den Regionen sind damit relativ gering.

Seit dem LFI3 hat die Stammzahl auf den gemeinsamen Probeflächen leicht abgenommen (–1,3%; Tab. **066**). Die regionalen Unterschiede sind dabei beträchtlich. Während in den Alpen und auf der Alpensüdseite die Stammzahl leicht zugenommen hat, und zwar sowohl bei den Laubbäumen als auch bei den Nadelbäumen, nahm sie in den anderen Regionen unterschiedlich stark ab. Auffallend ist die Abnahme der Nadelbäume von 11% im Mittelland.

Jungwaldstammzahl

Der Verjüngung kommt als zukünftigem Waldbestand grosse Bedeutung zu. In diesem Abschnitt wird sie mithilfe der sogenannten Jungwaldstammzahl beschrieben. Die Jungwaldaufnahme wurde im LFI4 auf vier konzentrischen Kreisflächen in einem gewissen Abstand zum Probeflächenzentrum durchgeführt. Dabei wurden alle jungen Bäume (nur lebende Individuen) berücksichtigt und ab 10 cm Höhe bis zur Kluppschwelle von 12 cm BHD in fünf Grössenklassen erfasst:

Jungwald-Höhenklassen
1) 10–39 cm Höhe
2) 40–129 cm Höhe

Jungwald-Durchmesserklassen
3) 0–3 cm BHD (0,1–3,9 cm)
4) 4–7 cm BHD (4,0–7,9 cm)
5) 8–11 cm BHD (8,0–11,9 cm)

065 **Stammzahl nach Hauptbaumart**

in Stück/ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Hauptbaumart	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	Stk./ha	± %	Stk./ha	± %	Stk./ha	± %	Stk./ha	± %	Stk./ha	± %	Stk./ha	± %
Fichte	101	6	114	5	196	4	208	3	76	8	153	2
Tanne	78	5	50	7	78	5	17	8	11	19	44	3
Föhre	10	15	7	13	4	37	29	9	3	43	14	7
Lärche	1	31	4	22	2	35	44	6	51	8	23	5
Arve	0	*	0	*	1	75	14	10	0	56	5	10
übrige Nadelhölzer	4	27	5	21	1	27	3	21	0	67	3	12
Total Nadelholz	**195**	**4**	**181**	**4**	**282**	**3**	**316**	**2**	**141**	**5**	**241**	**1**
Buche	127	4	90	4	80	5	30	8	83	9	74	3
Ahorn	32	7	27	8	28	9	17	8	11	17	23	4
Esche	18	10	31	7	18	10	11	11	19	14	18	4
Eiche	14	17	13	11	1	22	5	20	13	17	8	8
Kastanie	0	*	0	78	0	*	1	57	67	10	9	10
übrige Laubhölzer	26	11	30	8	21	10	40	7	105	7	41	4
Total Laubholz	**215**	**3**	**192**	**3**	**148**	**4**	**103**	**4**	**298**	**4**	**173**	**2**
Total	**410**	**2**	**373**	**2**	**430**	**2**	**419**	**2**	**439**	**3**	**413**	**1**

* Schätzfehler nicht berechenbar

Da die Erhebungsmethode der Jungwaldaufnahme zwischen LFI2, LFI3 und LFI4 geändert hat, können Veränderungen nur mit Einschränkungen ausgewiesen werden. Vor allem ein Vergleich mit dem LFI3 ist nicht möglich. Die Gegenüberstellung der Zustände im LFI2 und LFI4 (für die gemeinsamen Probeflächen) zeigt eine Zunahme der Jungwaldstammzahl von 14% im Durchschnitt (nicht dargestellt).

Im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald beläuft sich die Jungwaldstammzahl auf rund 24 Milliarden Stück (nicht dargestellt). Dies entspricht rund 20 000 Stk./ha (Tab. **067**). Allerdings verteilen sich die jungen Bäume nicht gleichmässig: Probeflächen ohne jegliche Verjüngung wechseln mit sehr dicht bestockten Flächen ab.

Bedingt durch die natürliche Mortalität nimmt die Jungwaldstammzahl von 14 000 Stk./ha in der Höhenklasse 10–39 cm stark auf etwa 125 Stk./ha in der Durchmesserklasse 8–11 cm BHD ab (Tab. **067**). Verschiedene äussere Einflussfaktoren – beispielsweise der Verbiss des Gipfeltriebes durch Wildhuftiere, die Holzernte, Pilzkrankheiten oder Schäden durch Schnee, Frost, Steinschlag, Rutschung oder Erosion – behindern das Wachstum junger Waldbäume ebenfalls. Ausmass und Ursache dieser Störungen werden im Kapitel 3.2 präsentiert. Die klimatischen und standörtlichen Einflüsse sind in den Hochlagen ausgeprägter, weshalb die Hochlagenwälder durchschnittlich weniger Verjüngung als die Tieflagenwälder aufweisen

066 **Veränderung der Stammzahl nach Hauptbaumart**

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

Hauptbaumart	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
Fichte	–8,3	2,9	–15,8	2,7	–5,5	1,9	3,4	1,3	7,2	2,5	–3,1	0,9
Tanne	2,1	2,4	3,5	5,3	2,1	2,3	2,9	3,4	1,7	5,6	2,5	1,6
Föhre	–14,0	4,8	–22,6	3,7	–3,1	6,2	–4,3	2,8	–5,3	7,4	–7,9	2,0
Lärche	12,8	14,6	–1,3	20,3	65,3	41,0	1,9	2,3	5,1	2,4	3,4	1,9
Arve	0,0	*	0,0	*	13,8	23,0	8,7	3,3	86,9	48,6	9,3	3,3
übrige Nadelhölzer	5,2	8,7	0,5	8,8	83,2	46,1	1,3	6,7	0,0	0,0	5,8	5,0
Total Nadelholz	**–4,3**	**1,9**	**–10,8**	**2,4**	**–2,9**	**1,6**	**2,6**	**1,0**	**5,9**	**1,7**	**–1,5**	**0,7**
Buche	–3,4	1,9	–5,6	2,4	–4,0	2,2	–2,1	2,7	6,3	2,5	–2,6	1,0
Ahorn	9,4	5,0	6,8	5,1	4,8	3,3	14,8	4,0	20,8	8,9	9,5	2,2
Esche	–12,2	5,1	1,5	4,5	–6,9	5,1	1,8	7,6	9,7	5,5	–1,7	2,5
Eiche	–7,9	4,5	–15,4	4,6	–22,2	9,6	18,8	6,3	–11,2	3,9	–7,6	2,5
Kastanie	0,0	*	–26,8	19,7	0,0	*	21,1	7,8	–6,3	2,8	–6,0	2,7
übrige Laubhölzer	–4,2	5,3	6,0	6,1	–8,3	6,0	1,1	3,8	–0,1	2,7	–0,1	1,9
Total Laubholz	**–2,9**	**1,8**	**–2,0**	**2,0**	**–3,6**	**2,0**	**3,0**	**2,5**	**0,7**	**1,5**	**–0,9**	**0,9**
Total	**–3,6**	**1,4**	**–6,5**	**1,6**	**–3,2**	**1,3**	**2,7**	**1,0**	**2,3**	**1,2**	**–1,3**	**0,6**

* Schätzfehler nicht berechenbar

WSL/LFI4

067 **Jungwaldstammzahl nach Jungwaldklasse und Hauptbaumart**

in Stück/ha
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Hauptbaumart	Jungwald-Höhenklassen				Jungwald-Durchmesserklassen						Total	
	10–39 cm		40–129 cm		0–3 cm		4–7 cm		8–11 cm			
	Stk./ha	± %	Stk./ha	± %	Stk./ha	± %	Stk./ha	± %	Stk./ha	± %	Stk./ha	± %
Fichte	858	10	386	7	148	6	79	4	44	4	1515	7
Tanne	757	8	167	11	61	9	28	7	15	7	1028	7
Föhre	22	25	19	23	14	22	7	17	4	16	66	16
Lärche	35	50	29	23	19	15	9	11	5	13	98	22
Arve	37	29	9	23	4	20	2	19	1	24	53	22
übrige Nadelhölzer	7	35	1	53	1	40	1	37	1	32	10	25
Total Nadelholz	**1715**	**7**	**612**	**6**	**247**	**5**	**127**	**3**	**70**	**3**	**2770**	**5**
Buche	3960	9	1531	6	730	6	54	5	22	6	6297	7
Ahorn	3527	9	528	9	193	9	22	8	7	9	4278	8
Esche	3796	7	599	9	202	9	19	9	6	10	4621	6
Eiche	407	30	18	17	4	25	3	22	2	22	433	28
Kastanie	32	29	4	30	3	39	1	29	1	27	40	24
übrige Laubhölzer	857	6	339	7	178	7	34	6	17	6	1426	5
Total Laubholz	**12577**	**5**	**3021**	**4**	**1310**	**4**	**133**	**3**	**55**	**4**	**17096**	**4**
Total	**14292**	**5**	**3632**	**4**	**1556**	**4**	**259**	**2**	**125**	**2**	**19866**	**4**

(Kap. 2.4, Verjüngungsdeckungsgrad). Die Jungwald-Höhenklasse 10–39 cm weist im Mittel pro Hektare 4000 Buchen, 3800 Eschen und 3500 Ahorne auf, während die beiden häufigsten Nadelbäume, die Fichte und die Tanne, in dieser Klasse nur mit etwa 900 bzw. 800 Stk./ha vertreten sind. Bei den grösseren Jungwaldklassen ändern sich die Verhältnisse markant: Bereits in der Höhenklasse 40–129 cm kommt die Buche in fast dreimal höherer Stückzahl als die Esche und der Ahorn vor. Bei den Nadelbaumarten ist die Fichte schon mehr als doppelt so häufig wie die Tanne. Das heisst, dass sich die Artenzusammensetzung schon bei den kleinsten Bäumchen verändert. Während in der Durchmesserklasse 0–3 cm BHD Laubbäume noch sechsmal häufiger sind als Nadelbäume, ist das Verhältnis in der Durchmesserklasse 4–7 cm BHD fast ausgeglichen. Dabei ist die Fichte mit einem Anteil von 31% bereits die häufigste Baumart. An zweiter Stelle folgt die Buche mit 21%. Bei der Jungwald-Durchmesserklasse 8–11 cm BHD haben die Nadelbäume sodann einen leicht grösseren Anteil (56%) als die Laubbäume (44%). Dabei weist die Fichte einen Anteil von 35% auf, die Buche einen solchen von 18%. Auf den weiteren Plätzen folgen die Tanne mit 12%, der Ahorn mit 6% und die Esche mit 5%. Bei den Bäumen ab 12 cm BHD (siehe Abschnitt Stammzahl) ändern sich diese Anteile dann nur noch geringfügig.

Häufigkeit der Baumarten

Das Erscheinungsbild des Schweizer Waldes wird sehr stark durch die **Hauptbaumarten** geprägt. Darunter werden im LFI die zehn häufigsten einheimischen Baumarten bzw. Baumgattungen verstanden (Fichte, Tanne, Föhre, Lärche, Arve, Buche, Ahorn, Esche, Eiche, Kastanie). Aus wirtschaftlicher Sicht sind in erster Linie die Hauptbaumarten von Interesse. Aus ökologischer Sicht sind aber auch die selteneren Baumarten von Bedeutung (siehe Kapitel 5.1).

Im LFI4 wurden insgesamt 143 verschiedene **Gehölzarten** (22 Nadel- und 121 Laubbaumarten) erfasst, davon 68 Arten nur im Jungwald (BHD unter 12 cm, also bei der Jungwaldaufnahme, bei der Präsenz von Gehölzarten im 2-Aren-Kreis und/oder bei der Artenaufnahme am Waldrand) und 75 Arten mit BHD ab 12 cm (15 Nadel- und 60 Laubbaumarten inkl. Sträucher). Gegenüber der LFI3-Artenliste (Keller 2005, S. 101 f.) gab es im LFI4 keine Änderung (Düggelin und Keller 2017, S. 216 f.). Die Übersichtstabelle **068** weist für jene 12 Nadel- und 43 Laubbaumarten (-gruppen), die statistisch gesicherte Aussagen zulassen, die Kenngrössen Stammzahl und Stammzahlveränderung, Vorrat und Vorratsveränderung, Zuwachs sowie Nutzung und Mortalität aus. Neben den drei häufigsten Baumarten Fichte, Buche und Tanne, die zusammen 65% der Stammzahl und 76% des Vorrats ausmachen, sind auch die europäische Lärche, der Bergahorn, die gemeine



WSL/LFI4

Die Stammzahl der Lärche hat seit dem LFI3 zugenommen; Verjüngungskegel bei Pontresina GR.

068 Stammzahl und Stammzahlveränderung, Vorrat und Vorratsveränderung, Zuwachs, Nutzung und Mortalität nach Gehölzart

in 1000 Stück, 1000 m^3, % und 1000 m^3/Jahr
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald[1]; zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4[2]

Gehölzart		Stammzahl[1]		Stammzahl-veränderung[2]		Vorrat[1]		Vorrats-veränderung[2]		Zuwachs[2]		Nutzung und Mortalität[2]	
		1000 Stk.	± %	%	±	1000 m^3	±	%	±	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %
Abies alba	Tanne	52794	3	2,7	1,6	63662	3	5,3	1,5	1940	4	1651	6
Larix decidua/L. kaempferi	Europ. Lärche, Japanlärche	27100	5	3,4	1,9	25285	4	9,2	1,8	448	7	223	13
Picea abies	Fichte	183902	2	–3,1	0,9	181224	2	0,6	1,0	4603	2	4465	4
Pinus cembra	Arve	5720	10	9,3	3,3	2856	10	8,9	3,7	47	16	20	45
Pinus mugo arborea	Bergföhre	4606	15	0,2	3,4	1075	15	2,8	5,4	14	38	12	29
Pinus mugo prostrata	Legföhre	1375	21	4,8	8,2	117	26	1,4	8,8	3	40	1	54
Pinus nigra	Schwarzföhre	185	51	–15,5	8,1	253	44	–5,3	11,0	2	75	3	83
Pinus strobus	Strobe	56	39	–24,7	13,4	128	36	11,4	15,3	4	45	3	70
Pinus sylvestris	Waldföhre	11519	8	–10,5	2,6	10324	7	–9,0	2,3	143	13	265	11
Pseudotsuga menziesii	Douglasie	868	20	–12,2	8,3	1340	24	23,1	10,5	53	23	26	45
Taxus baccata	Eibe	1415	20	24,8	5,1	201	27	–1,6	23,1	0	**	1	94
	übrige Nadelhölzer	34	47	–85,2	6,5	64	46	–73,4	11,7	3	50	2	**
Acer campestre	Feldahorn	1042	15	–0,4	9,4	226	18	27,9	20,6	11	34	4	32
Acer opalus	Schneeballblättriger Ahorn	820	21	6,8	8,5	222	20	7,4	9,0	3	44	3	58
Acer platanoides	Spitzahorn	1217	16	2,5	8,0	740	16	25,5	14,8	25	36	8	39
Acer pseudoplatanus	Bergahorn	24092	4	10,5	2,3	11542	4	11,9	2,6	298	8	152	11
Aesculus hippocastanum	Rosskastanie	25	62	–17,0	55,6	5	96	–15,8	100,3	1	72	0	**
Alnus glutinosa	Schwarzerle	1863	20	9,0	13,9	1013	19	24,9	12,1	42	30	19	39
Alnus incana	Grauerle	7601	12	–13,2	4,7	1319	12	–9,8	6,3	68	20	86	18
Alnus viridis	Alpenerle	70	87	5,2	148,7	6	90	–43,0	80,5	0	**	0	*
Betula pendula	Hängebirke	10102	8	5,2	3,7	2793	9	16,0	5,0	85	14	40	18
Betula pubescens	Moor-/Haarbirke	82	49	13,0	21,1	30	65	–12,3	19,8	1	70	0	*
Carpinus betulus	Hagebuche	2129	12	–17,0	4,6	792	14	–5,4	8,3	28	24	34	26
Castanea sativa	Kastanie	10937	10	–6,0	2,7	5559	9	7,2	4,0	109	20	75	17
Fagus sylvatica	Buche	88523	3	–2,6	1,0	76300	2	3,6	1,2	1933	3	1497	6
Fraxinus excelsior	Gemeine Esche	21760	5	–1,8	2,5	15898	5	5,9	2,9	460	7	305	10
Fraxinus ornus	Blumenesche	198	50	24,6	28,3	29	58	***		4	80	0	**
Ilex aquifolium	Stechpalme	460	27	37,9	14,7	54	28	43,4	12,6	2	25	0	*
Juglans regia	Nussbaum	304	21	6,7	14,6	101	26	38,8	50,1	6	35	4	58

068 **Fortsetzung**

Gehölzart		Stammzahl[1]		Stammzahl-veränderung[2]		Vorrat[1]		Vorrats-veränderung[2]		Zuwachs[2]		Nutzung und Mortalität[2]	
		1000 Stk.	± %	%	±	1000 m³	±	%	±	1000 m³/Jahr	± %	1000 m³/Jahr	± %
Laburnum anagyroides	Goldregen	107	37	–35,9	13,2	12	40	–33,1	16,5	0	41	1	73
Malus sylvestris	Wildapfel, Holzapfel	50	66	26,3	33,5	5	68	38,0	35,7	0	78	0	*
Ostrya carpinifolia	Hopfenbuche	2363	25	6,8	4,4	477	26	28,1	7,9	14	31	2	93
Populus alba, P. canescens	Silber-, Graupappel	161	48	2,3	12,9	316	56	13,0	10,2	7	56	0	*
Populus nigra	Schwarzpappel inkl. Hybriden	202	36	28,5	26,8	678	43	72,7	27,3	19	36	2	71
Populus sp.	übrige Pappeln	79	50	–13,4	11,4	356	53	8,4	27,1	8	71	3	**
Populus tremula	Zitterpappel	1250	17	3,8	9,8	627	19	38,5	10,4	29	22	11	52
Prunus avium	Kirschbaum	2707	9	11,6	6,9	957	10	1,8	8,3	32	18	26	25
Prunus padus	Traubenkirsche	226	39	–5,2	17,2	58	38	20,0	27,6	4	38	1	49
Pyrus communis	Wildbirne, Holzbirne	14	75	–43,1	30,8	–21	**	–20,6	40,3	0	**	0	*
Quercus cerris	Zerreiche	84	46	–39,0	20,7	47	56	–20,9	22,4	1	65	0	*
Quercus petraea	Traubeneiche	5788	11	–9,5	2,9	4611	9	–2,3	4,4	93	14	74	18
Quercus pubescens	Flaumeiche	1651	22	19,1	8,6	319	20	3,5	11,6	7	55	3	42
Quercus robur	Stieleiche	2196	11	–15,1	4,8	3379	11	–3,5	6,3	70	16	87	23
Quercus rubra	Roteiche	96	74	–27,5	12,4	149	61	14,4	5,7	6	60	3	73
Robinia pseudoacacia	Robinie	1256	24	8,8	13,8	523	47	–1,0	7,3	15	31	12	34
Salix sp.	Weiden	2772	12	–3,5	9,1	602	16	–1,4	10,7	27	19	18	18
Sorbus aria	Mehlbeere	3784	8	–0,9	5,3	683	10	–1,3	8,0	23	23	21	29
Sorbus aucuparia	Vogelbeere	2732	10	–2,9	6,5	337	13	–0,1	7,7	12	19	12	17
Sorbus torminalis	Elsbeere	76	35	33,3	27,2	35	47	–13,6	18,1	–1	**	0	*
Tilia cordata	Winterlinde	3624	14	3,4	7,6	1712	13	15,3	8,9	55	20	33	27
Tilia platyphyllos	Sommerlinde	1663	18	–2,1	16,6	988	19	–13,0	10,3	18	26	11	42
Ulmus glabra	Bergulme	1903	10	2,8	8,2	728	12	–7,9	9,7	29	23	35	17
Ulmus minor	Feldulme	40	50	–31,9	15,6	11	63	19,1	67,5	1	83	1	86
	übrige Laubhölzer	171	58	–2,0	21,4	53	59	1,4	24,0	2	47	4	88
	Sträucher	1185	15	22,7	12,1	111	15	–9,3	16,6	6	16	3	27
Total		**496978**	**1**	**–1,3**	**0,6**	**420912**	**1**	**2,9**	**0,7**	**10811**	**1**	**9261**	**3**

* Schätzfehler nicht berechenbar
** Schätzfehler ≥ 100%
[1] Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald
[2] Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

WSL/LFI4

Esche und die Waldföhre häufige Baumarten der Schweiz (2 bis 5% der Stammzahl). Sie tragen alle mit über 10 Mio. Stk. zur Stammzahl und mit über 10 Mio. m^3 zum Vorrat bei. Noch relativ häufig mit 1 bis 2% der Stammzahl sind die Kastanie, die Traubeneiche, die Hängebirke, die Grauerle und die Arve. Diese Baumarten tragen mit mindestens 5 Mio. Stk. zur Stammzahl oder mit mindestens 5 Mio. m^3 zum Vorrat bei, sind aber in gewissen Regionen gar nicht oder nur sporadisch vorhanden. Von diesen Baumarten haben die Kastanie und die Arve die engste Verbreitung (Brändli 1996). Die Bergföhre (aufrechte Bergföhre und Legföhre) ist stammzahlmässig ähnlich häufig wie die Arve, aber mit bedeutend niedrigerem Vorrat. Seltene Baumarten (mit weniger als 1% der Stammzahl) sind unter anderem die Winter- und die Sommerlinde, die Mehlbeere, die Vogelbeere, der Spitzahorn, die Hagebuche, die Schwarzerle und die Eibe. Es handelt sich dabei in der Regel entweder um konkurrenzschwache Baumarten, die Sonderstandorte besiedeln können, auf denen die konkurrenzkräftigeren Arten nicht mehr gut gedeihen (z. B. die Linden, die Mehlbeere, die Schwarzerle), oder um solche, die in der Vergangenheit im Zuge der Bewirtschaftung stark reduziert (die Eibe) oder zu «Spezialisten» gemacht worden sind (die Hagebuche in Mittelwäldern).

Im Durchschnitt über die ganze Schweiz hat die Fichte mit 153 Stk./ha die höchste Stammzahl pro Hektare. Die Stammzahl der Buche – der zweithäufigsten Baumart – ist mit 74 Stk./ha nur halb so hoch. Die Stammzahl der Tanne beläuft sich auf 44 Stk./ha. Im Jura ist die Buche mit 127 Individuen pro Hektare am häufigsten, gefolgt von Fichte mit 101 Stk./ha und Tanne mit 78 Stk./ha. Im Mittelland ist die Fichte mit 114 Stk./ha nach wie vor die häufigste Baumart, vor der Buche (90 Stk./ha) und der Tanne (50 Stk./ha). Mit 196 Bäumen pro Hektare ist die Fichte auch in den Voralpen am häufigsten, wiederum vor Buche und Tanne (80 bzw. 78 Stk./ha). Ebenfalls in den Alpen hat die Fichte die grösste Stammzahl (208 Stk./ha), in dieser Region folgen dann aber die Lärche und die übrigen Laubhölzer mit 44 bzw. 40 Stk./ha an zweiter und dritter Stelle. Auf der Alpensüdseite hat die Buche die grösste Dichte (83 Stk./ha), vor Fichte (76 Stk./ha) und Kastanie (67 Stk./ha). In dieser Region sind auch Baumarten, die in der Gruppe der übrigen Laubhölzer zusammengefasst sind, häufig vorhanden (105 Stk./ha), insbesondere die Hängebirke (42 Stk./ha) und die Hopfenbuche (15 Stk./ha), die nur dort vorkommt. Auch die Winterlinde (8 Stk./ha) und die Robinie (5 Stk./ha) sind auf der Alpensüdseite häufiger als in den anderen Regionen (nicht dargestellt).

Seit dem LFI3 hat sich die Stammzahl der Hauptbaumarten unterschiedlich entwickelt: Auffällig ist insbesondere die Abnahme der Fichte im Mittelland (−16%), im Jura (−8%) und in den Voralpen (−6%; Tab. **066**). Auf der Alpensüdseite hat die Stammzahl der Fichte hingegen deutlich zugenommen (7%). Die Stammzahl der Föhre hat praktisch in allen Regionen abgenommen, besonders stark im Mittelland (−23%) und im Jura (−14%).



Laubmischwald mit üppiger Verjüngung; Güttingen TG.

069 **Rangfolge der Hauptbaumarten nach Jungwaldstammzahl, Stammzahl und Vorrat**

in %
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Jungwaldstammzahl (BHD 0–11 cm) Zustand LFI4			Stammzahl (BHD ≥ 12 cm) Zustand LFI4			Veränderung LFI3–LFI4	Veränderung LFI1–LFI4	Vorrat (BHD ≥ 12 cm) Zustand LFI4			Veränderung LFI3–LFI4	Veränderung LFI1–LFI4
Hauptbaumart	%	±	Hauptbaumart	%	±			Hauptbaumart	%	±		
Buche	41,5	1,4	Fichte	37,0	0,6	–	––	Fichte	43,1	0,6	=	–
Fichte	14,0	0,7	Buche	17,8	0,4	–	––	Buche	18,1	0,4	+	+++
übrige Laubhölzer	11,8	0,6	Tanne	10,6	0,3	+	––	Tanne	15,1	0,4	++	+++
Esche	11,7	0,9	übrige Laubhölzer	9,9	0,3	=	++	Lärche	6,0	0,3	++	+++
Ahorn	11,5	0,8	Lärche	5,5	0,2	+	++	Esche	3,8	0,2	++	+++
Tanne	5,4	0,4	Ahorn	5,5	0,2	++	+++	übrige Laubhölzer	3,6	0,2	++	+++
Lärche	1,7	0,2	Esche	4,4	0,2	–	++	Ahorn	3,0	0,1	++	+++
Föhre	1,3	0,2	Föhre	3,3	0,2	––	–––	Föhre	2,8	0,2	––	–––
Arve	0,4	0,1	Kastanie	2,2	0,2	––	––	Eiche	2,0	0,1	–	+++
Eiche	0,4	0,1	Eiche	2,0	0,2	––	–––	Kastanie	1,3	0,1	++	+++
Kastanie	0,2	0,1	Arve	1,2	0,1	++	+++	Arve	0,7	0,1	++	+++
übrige Nadelhölzer	0,1	0,0	übrige Nadelhölzer	0,7	0,1	++	+++	übrige Nadelhölzer	0,4	0,1	+++	+++
Total	**100**			**100**		**–**	**––**		**100**		**+**	**++**

Zunahme: + 1 bis 5%, ++ 5 bis 15%, +++ über 15%
Abnahme: – 1 bis 5%, –– 5 bis 15%, ––– über 15%
keine Veränderung: = –1% bis 1%

WSL/LFI4

Die Tanne und die Lärche weisen dagegen praktisch überall eine Stammzahlzunahme auf, gesamtschweizerisch beläuft sich diese auf etwa 3%. Bei den Laubbäumen war eine markante Stammzahlabnahme bei der Eiche (–8%) zu verzeichnen. Ebenfalls abgenommen hat die Stammzahl bei der Kastanie (–6%), der Buche (–3%) und der Esche (–2%). Die Stammzahl der Ahornarten hat hingegen in allen Regionen zugenommen, zwischen 5% in den Voralpen und 21% auf der Alpensüdseite.

Tabelle **069** stellt die **Rangfolge der Hauptbaumarten** nach deren Anteilen an der Jungwaldstammzahl, der Stammzahl und dem Vorrat dar. Die aktuelle Bedeutung der Arten zeigt sich im Vorrats- und Stammzahlanteil und in den entsprechenden Veränderungen seit dem LFI3 und längerfristig seit dem LFI1. Aus dem Anteil an der Jungwaldstammzahl der Klasse 0–11 cm BHD wird das Potenzial der Arten bezüglich künftiger Entwicklungen von Vorrat und Stammzahl ersichtlich. Die folgenden Aussagen zu den Hauptbaumarten basieren jeweils immer auf den Tabellen **056**, **059** und **062** (bezüglich Vorrat), **070**, **071** und **066** (bezüglich Stammzahl), **067** (bezüglich Jungwaldstammzahl) und Tabelle **069** (Synthese).

Mit rund 194 Mio. Stk. (37%) und einem Vorrat von rund 181 Mio. m^3 (43%) ist die **Fichte** die wichtigste Baumart im Schweizer Wald. Sie ist das auch in allen Produktionsregionen ausser im Jura. Die Fichte hat in den

Alpen den grössten Vorratsanteil (59%), im Jura (28%) den kleinsten. Im Jungwald (BHD 0–11,9 cm) ist die Fichte mit 14% die zweithäufigste Baumart nach der Buche. Ihre Stammzahl hat seit dem LFI3 leicht abgenommen (–3%), ihr Vorrat ist aber landesweit praktisch unverändert geblieben. Bei der Jungwaldstammzahl ist insgesamt keine Veränderung im Vergleich zum LFI3 zu verzeichnen (nicht dargestellt). Die Fichte hat sich seit dem LFI3 aber regional sehr unterschiedlich entwickelt. Im Mittelland nahmen sowohl Vorrat (–4 Mio. m^3 oder 13%) als auch Stammzahl (–16%) stark ab, und diese Entwicklung hält bereits seit dem LFI2 an mit einer Abnahme des Vorrats zwischen LFI2 und LFI4 um 13 Mio. m^3 (33%; nicht dargestellt). Auf der Alpensüdseite und in den Alpen haben Stammzahl und Vorrat hingegen zugenommen. Gesamtschweizerisch zeigt sich bei der Fichte der Trend der abnehmenden Stammzahl bei gleichbleibendem Vorrat bereits seit dem LFI1. Insgesamt hat die Stammzahl in den letzten 30 Jahren um 12%, also deutlich, abgenommen (nicht dargestellt). Auch die Indikatoren Präsenz und Dominanz verzeichnen eine signifikante Abnahme der Fichte seit dem LFI1 (Duc *et al.* 2011).

Die **Buche** ist mit einer Stammzahl von 89 Mio. Stk. (18%) und einem Vorrat von 76 Mio. m^3 (18%) die zweithäufigste Baumart in der Schweiz, bezüglich Jungwaldstammzahl (BHD 0–11,9 cm) mit 42% sogar klar die häufigste. Im Jura ist sie mit 31% der Stammzahl (32% des Vorrats) die wichtigste Baumart, in den Alpen ist ihre Bedeutung dagegen mit einem Stammzahlanteil von lediglich 7%

070 **Stammzahl nach Hauptbaumart**

in 1000 Stück pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Hauptbaumart	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	1000 Stk.	± %	1000 Stk.	± %	1000 Stk.	± %	1000 Stk.	± %	1000 Stk.	± %	1000 Stk.	± %
Fichte	20252	6	25949	5	43672	4	81937	3	12103	8	183914	2
Tanne	15683	5	11354	7	17294	5	6801	8	1662	19	52794	3
Föhre	2069	15	1696	13	965	37	11234	9	402	43	16367	7
Lärche	211	31	1015	22	392	35	17479	6	8002	8	27100	5
Arve	0	*	0	*	143	75	5515	10	62	56	5720	10
übrige Nadelhölzer	773	27	1220	21	292	27	1346	21	49	68	3680	12
Total Nadelholz	**38990**	**4**	**41235**	**4**	**62758**	**3**	**124312**	**2**	**22280**	**6**	**289574**	**1**
Buche	25351	4	20559	4	17776	5	11709	8	13128	9	88523	3
Ahorn	6319	7	6221	8	6181	9	6725	8	1724	17	27171	4
Esche	3604	10	7046	7	4109	11	4197	11	3003	14	21958	4
Eiche	2717	17	2936	11	265	22	1840	20	2056	17	9815	8
Kastanie	0	*	99	78	0	*	250	57	10587	10	10937	10
übrige Laubhölzer	5114	11	6902	8	4595	10	15745	7	16645	7	49001	4
Total Laubholz	**43104**	**3**	**43764**	**3**	**32926**	**4**	**40466**	**4**	**47144**	**4**	**207404**	**2**
Total	**82094**	**2**	**84998**	**2**	**95684**	**2**	**164778**	**2**	**69424**	**3**	**496978**	**1**

* Schätzfehler nicht berechenbar

marginal. Der Buchenvorrat hat seit dem LFI3 landesweit um rund 4% (knapp 3 Mio. m^3) zugenommen, auf der Alpensüdseite gar um 10%. Die Stammzahl hat hingegen in der gleichen Zeitspanne um knapp 3% abgenommen. Diese Entwicklung zeigt sich auch langfristig seit dem LFI1 (Stammzahl –8%, Vorrat +23%). Der hohe Anteil im Jungwald und die Zunahme der Jungwaldstammzahl in den letzten Jahrzehnten (nicht dargestellt) sprechen eher gegen eine weitere Abnahme der Stammzahl in der Zukunft.

Die **Tanne** ist mit einer Stammzahl von 53 Mio. (11%) und einem Vorrat von 64 Mio. m^3 (15%) die dritthäufigste Baumart in der Schweiz. Sie hat im Jura (22% des Vorrats) und in den Voralpen (23%) die grösste Bedeutung. Der Tannenvorrat hat seit dem LFI3 um 5% zugenommen, wobei in den Alpen mit +13% und auf der Alpensüdseite mit +9% die grössten Zunahmen zu verzeichnen sind. Auch die Stammzahl der Tanne hat in allen Regionen



Der Ahorn, die zweithäufigste Gattung bei den Laubbaumarten, hat seit dem LFI3 sowohl bezüglich Stammzahl als auch bezüglich Volumen stark zugelegt; Zell LU.

071 Stammzahl nach Hauptbaumart

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Hauptbaumart	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
Fichte	24,7	1,3	30,5	1,3	45,6	1,3	49,7	1,1	17,4	1,3	37,0	0,6
Tanne	19,1	1,0	13,4	0,9	18,1	0,9	4,1	0,3	2,4	0,5	10,6	0,3
Föhre	2,5	0,4	2,0	0,3	1,0	0,4	6,8	0,6	0,6	0,3	3,3	0,2
Lärche	0,3	0,1	1,2	0,3	0,4	0,1	10,6	0,6	11,5	1,0	5,5	0,2
Arve	0,0	*	0,0	*	0,1	0,1	3,3	0,3	0,1	0,0	1,2	0,1
übrige Nadelhölzer	0,9	0,3	1,4	0,3	0,3	0,1	0,8	0,2	0,1	0,0	0,7	0,1
Total Nadelholz	**47,5**	**1,3**	**48,5**	**1,3**	**65,6**	**1,2**	**75,4**	**1,0**	**32,1**	**1,7**	**58,3**	**0,6**
Buche	30,9	1,1	24,2	1,0	18,6	0,9	7,1	0,6	18,9	1,6	17,8	0,4
Ahorn	7,7	0,5	7,3	0,6	6,5	0,5	4,1	0,3	2,5	0,4	5,5	0,2
Esche	4,4	0,4	8,3	0,6	4,3	0,4	2,5	0,3	4,3	0,6	4,4	0,2
Eiche	3,3	0,5	3,5	0,4	0,3	0,1	1,1	0,2	3,0	0,5	2,0	0,2
Kastanie	0,0	*	0,1	0,1	0,0	*	0,2	0,1	15,3	1,4	2,2	0,2
übrige Laubhölzer	6,2	0,6	8,1	0,6	4,8	0,5	9,6	0,6	24,0	1,5	9,9	0,3
Total Laubholz	**52,5**	**1,3**	**51,5**	**1,3**	**34,4**	**1,2**	**24,6**	**1,0**	**67,9**	**1,7**	**41,7**	**0,6**
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

* Schätzfehler nicht berechenbar

WSL/LFI4

zugenommen, gesamtschweizerisch beläuft sich die Zunahme auf 3%. Dies stellt eine Trendwende gegenüber den Vorperioden dar, denn zwischen LFI1 und LFI3 hatte die Stammzahl der Tanne um 8% abgenommen (nicht dargestellt). Seit dem LFI2 hat sich auch ihre Stammzahl im Jungwald tendenziell vergrössert. Aktuell hat die Tanne einen Anteil von 5% an der Jungwaldstammzahl.

Die **Lärche** (Europäische Lärche und sehr wenig Japanlärche) ist mit einem Anteil von 6% sowohl bei der Stammzahl als auch beim Vorrat die dritthäufigste Nadelbaumart im Schweizer Wald. Diese Baumart spielt vor allem in den Alpen mit 14% und auf der Alpensüdseite mit 16% des Vorrats eine wichtige Rolle. Die Lärche hat unter den Nadelbaumarten am stärksten zugenommen: Bei der Stammzahl betrug die Zunahme rund 3%, beim Vorrat 9%. Nach der Fichte ist die Lärche die zweithäufigste Baumart auf Probeflächen, die seit dem LFI3 zu Wald geworden sind (nicht dargestellt).

Die **Föhren** (*Pinus* sp. ohne Arve) weisen einen Stammzahlanteil und einen Vorratsanteil von 3% auf. Sie kommen vor allem in den Alpen vor und machen dort 7% der Stammzahl und 5% des Vorrats aus. Seit dem LFI3 haben die Föhren von allen Hauptbaumarten am stärksten abgenommen, und zwar um je 8% bei der Stammzahl und beim Vorrat. Ihre Abnahme war insbesondere im Mittelland (–19%) und Jura (–10%) markant, wo sich der heute praktizierte naturnahe Waldbau ungünstig auf ihre Verjüngung auswirkt. Von Natur aus wäre diese Baumartengruppe in den Schlusswaldgesellschaften dieser Regionen auch nicht so häufig, wie sie es derzeit noch ist.

Ahorn (*Acer* sp.) und **Esche** (*Fraxinus* sp.) sind nach der Buche die zweit- und die dritthäufigste Gattung bei den Laubbaumarten. Der Ahorn hat mit einem Plus von 10% bei der Stammzahl und von 13% beim Vorrat von allen Laubbaumarten seit dem LFI3 am stärksten zugelegt. Auch bei der Esche ist der Vorrat angestiegen (6%), ihre Stammzahl hat hingegen um rund 2% abgenommen. Dies ist wahrscheinlich ein erstes Anzeichen und Resultat des Eschentriebsterbens (Rigling *et al.* 2016), da die Stammzahl der Esche zwischen LFI1 und LFI3 stetig zugenommen hatte.



Im Schweizer Wald gibt es immer weniger, dafür aber immer dickere Eichen; Güttingen TG.

WSL/LFI4

Esche und Ahorn sind nach Buche und Fichte mit je einem Anteil von rund 12% die dritthäufigsten Baumarten bei den jungen Bäumen unter 12 cm BHD.

Die **Eiche** (*Quercus* sp.) weist einen Stammzahl- und einen Vorratsanteil von je 2% auf. Ihre Stammzahl ist seit dem LFI3 um 8% zurückgegangen, ihr Vorrat um 2%. Die zwei häufigsten Eichenarten, die Trauben- und die Stieleiche, zeigen eine besonders markante Stammzahlabnahme (–10% bzw. –15% seit dem LFI3), und diese Tendenz hält seit dem LFI1 an (–21% bzw. –39%; nicht dargestellt). Der Vorrat der Eichenarten hat hingegen seit dem LFI1 um 17% zugenommen. Eine ähnliche Situation, das heisst weniger, dafür dickere Bäume, ist bei der **Kastanie** (Edelkastanie) festzustellen, die heute einen Stammzahlanteil von 2% und einen Vorratsanteil von 1,3% aufweist. Während die Stammzahl der Kastanie seit dem LFI1 um 8% abgenommen hat, hat ihr Vorrat um 37% zugenommen (nicht dargestellt). Eiche und Kastanie stehen zusammen mit der Arve bezüglich Jungwaldstammzahl am Schluss der Hauptbaumarten.

Die **Arve** ist eine typische Baumart der subalpinen Stufe. Sie trägt 6 Mio. Bäume (1%) zur Stammzahl und knapp 3 Mio. m^3 (0,7%) zum Vorrat bei. Sowohl die Stammzahl als auch der Vorrat der Arve haben seit dem LFI3 um 9% zugenommen. Die Arve fehlt im Mittelland und im Jura.



WSL/LFI4

Die Arve zählt mit einem Stammzahlanteil von 1% noch zu den relativ häufigen Baumarten im Schweizer Wald. Ihr Verbreitungsgebiet beschränkt sich auf die subalpine Stufe; Sils im Engadin/Segl GR.

2.4 Waldtypen, Struktur und Altersaufbau

- Der gleichförmige Hochwald ist mit 60% der Gesamtwaldfläche der weitaus häufigste Waldtyp. In ihm stehen 72% des Vorrates.
- Der Vorratsanteil des Starkholzes hat weiter zugenommen, wenn auch weniger stark als in der Vorperiode.
- Dichte bis sehr dichte Bestände haben in Tieflagen ab- und in Hochlagen zugenommen. Der Anteil der einschichtigen Bestände hat sich deutlich verringert.
- Die beim Sturm Lothar entstandenen Blössen sind wieder bestockt: Jungwuchs/Dickung und Stangenholz haben deutlich zugenommen. Die Verjüngung in den Beständen hat dagegen etwas abgenommen.
- Im Wald mit Altersangabe (75% des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald) hat sich aus Sicht der Holzproduktion der Altersaufbau dank der Zunahme des Anteils von maximal 90 Jahre alten Beständen verbessert.

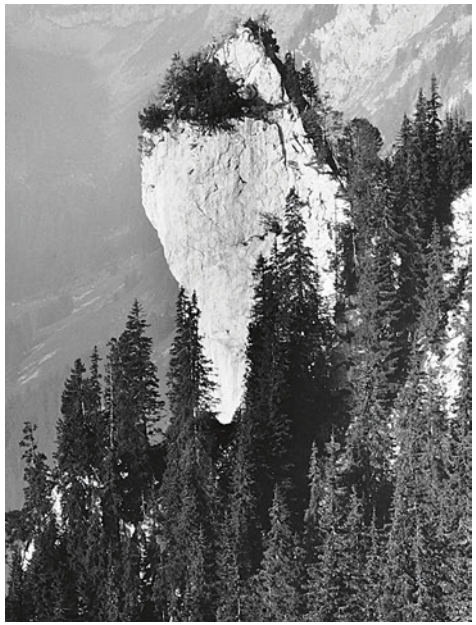
Waldtypen

Der Schweizer Wald lässt sich nicht nur mit der Baumartenzusammensetzung, sondern auch mithilfe der Waldstrukturen und der Art der Bewirtschaftung charakterisieren. Im LFI werden hierfür die Merkmale «Zugänglichkeit der Probefläche», «Wald/Gebüschwald», «Waldtyp gemäss Aufnahmeanleitung», «Waldform», «Entwicklungsstufe» und «Bestandesstruktur» kombiniert und daraus sogenannte Waldtypen abgeleitet. Die Definition der Merkmale wie auch der Waldtypen hat seit dem LFI1 (EAFV1988, S. 28) keine Änderungen erfahren.

Die meisten Wälder der Schweiz (79%) sind **Hochwälder** (Tab. **072**). Hochwald besteht aus Kernwüchsen, d.h. aus Bäumen, die aus Samen entstanden sind. Aufgrund der Entwicklungsstufe (vorherrschender BHD) und der Bestandesstruktur (Schichtung, Stufigkeit) wird der Hochwald in drei Waldtypen unterteilt: den «gleichförmigen Hochwald», den «ungleichförmigen Hochwald» und den «plenterartigen Hochwald». Die Übergänge zwischen den Hochwaldtypen sind fliessend, weil die Entwicklungsstufe und vor allem die Bestandesstruktur nicht immer eindeutig bestimmt werden können. Mit einem Anteil von 60% ist der gleichförmige Hochwald weitaus am häufigsten. In der Folge werden die einzelnen Waldtypen kurz beschrieben.

Unzugänglicher Wald

Der unzugängliche Wald hat einen Anteil von 3,3% an der Waldfläche und umfasst alle Probeflächen, die gemäss Luftbild eindeutig Wald sind, aber terrestrisch aus Sicherheitsgründen nicht aufgenommen werden konnten. Zu diesem Waldtyp liegen nur Informationen aus der Umfrage beim Forstdienst (z. B. Eigentum und Waldfunktionen) sowie einige geografische Informationen (z. B. Höhe ü. M., Neigung und Exposition) vor.



Unzugängliche Waldfläche im Simmental BE.

WSL/LFI4

Gebüschwald

Von Gebüschwald wird gesprochen, wenn mehr als zwei Drittel des massgebenden Bestandes auf der Interpretationsfläche mit Sträuchern bedeckt sind. In der Schweiz nimmt der Gebüschwald 5,5% der Waldfläche ein. Im Gebüschwald können auch vereinzelte Bäume stehen. Dies ist auf 45% der Gebüschwaldfläche der Fall (nicht dargestellt). 55% sind dagegen sogenannt «reine» Gebüschwälder. Seit dem LFI3 werden auch die Gebüschwald-Probeflächen im Rahmen der



Legföhren-Gebüschwald an der Grimsel BE.



Hasel-Gebüschwald bei Biasca TI.

Feldaufnahmen aufgesucht und vollständig aufgenommen. 83% der Gebüschwälder befinden sich in Höhenlagen über 1600 m ü. M. (nicht dargestellt). Alpenerle und Legföhre sind dabei die klar dominierenden Gehölzarten. Auf 68% der Gebüschwaldfläche herrschen Alpenerlen vor, auf weiteren 19% Legföhren (nicht dargestellt). Danach folgen Hasel (5%) und diverse Weidenarten (3%). Häufige im Gebüschwald vorkommende Baumarten sind Vogelbeere, Fichte, Lärche, Bergföhre, Birke, Mehlbeere und Bergahorn (nicht dargestellt).

WSL/LFI4

072 Waldfläche nach Waldtyp

in 1000 ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Wald

Waldtyp	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz			
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	%	±
gleichförmiger Hochwald	142,5	2	193,0	1	153,3	2	232,8	2	68,9	4	790,6	1	60,0	0,6
ungleichförmiger Hochwald	25,5	8	18,4	10	31,3	7	58,5	5	23,5	9	157,2	3	11,9	0,4
plenterartiger Hochwald	13,4	12	5,7	18	19,4	10	39,2	7	11,4	13	89,0	5	6,8	0,3
Mittelwald	1,0	45	0,0	*	0,2	**	0,4	71	2,9	27	4,4	21	0,3	0,1
Niederwald	1,2	41	1,4	38	2,2	30	10,5	14	32,0	7	47,3	6	3,6	0,2
Selven und Plantagen	0,0	*	0,6	58	0,0	*	0,2	**	2,1	31	2,8	27	0,2	0,1
dauernd aufgelöste Bestockung	8,1	16	2,0	32	7,4	16	39,5	7	13,0	12	69,9	5	5,3	0,3
Schneisen und Böschungen	1,4	38	0,8	50	0,8	50	3,0	26	1,4	38	7,4	16	0,6	0,1
dauernd nicht bestockte Waldfläche[1]	7,0	16	6,0	18	7,8	16	9,6	14	3,1	25	33,5	8	2,5	0,2
zugänglicher Wald ohne Gebüschwald	**200,1**	**1**	**227,9**	**1**	**222,3**	**1**	**393,7**	**1**	**158,3**	**2**	**1202,2**	**1**	**91,3**	**0,3**
unzugänglicher Wald	1,0	45	1,8	33	6,2	18	20,6	10	13,3	12	42,9	7	3,3	0,2
Gebüschwald	0,0	*	0,2	**	3,4	24	47,7	6	20,6	9	71,9	5	5,5	0,3
Total	**201,1**	**1**	**229,8**	**1**	**231,9**	**1**	**462,0**	**1**	**192,1**	**1**	**1316,9**	**0**	**100**	

[1] Wiese, Waldstrasse, Lagerplatz, Bach, Lawinenzug, Blockschuttfläche usw.
* Schätzfehler nicht berechenbar
** Schätzfehler ≥ 100%

Dauernd nicht bestockte Waldfläche

Wenn eine Probefläche die LFI-Walddefinition erfüllt, das Probeflächenzentrum aber auf einer forstlichen Infrastruktur (Waldstrasse, Holzlagerplatz, Forsthütte) oder auf einer natürlich nicht bestockbaren Fläche (Blockschutt, Felsband, Lawinenzug, vernässte Stelle, Bach) liegt, dann wird von «dauernd nicht bestockter Waldfläche» gesprochen. Auch bei stark gebuchteten Waldrändern kann das Probeflächenzentrum ausserhalb der Bestockungsgrenze, also in den angrenzenden Wiesen, Weiden und Äckern, zu liegen kommen. Diese Probeflächen zählen ebenfalls zur dauernd nicht bestockten Waldfläche.



Dauernd nicht bestockte Waldfläche: Waldstrasse, Forsthütte, Kehr- und Lagerplatz; Süderen BE.



Nicht bestockte Waldfläche: Erosions- und Lawinenzug im Unterengadin GR.

Da auf diesen Probeflächen Bäume stehen können, hat dieser Waldtyp in der Regel auch einen Vorrat und eine Stammzahl (Tab. **073**). Seit dem LFI2 wird deshalb bei diesem Waldtyp auch der massgebende Bestand beschrieben.

Die dauernd nicht bestockte Waldfläche hat in der Schweiz einen Anteil von 2,5%. Sie variiert je nach Region zwischen 1,6% (Alpensüdseite) und 3,5% (Jura; Tab. **074**). Dauernd nicht bestockte Waldflächen bestehen zu 45% aus Wiesen, Weiden oder Äckern, zu 32% aus Strassen, zu 7% aus Lawinen-, Reist- oder Erosionszügen, zu 6% aus Bächen, zu 2% aus Lagerplätzen, zu 2% aus Erholungsanlagen und zu 6% aus weiteren Blössen (nicht dargestellt). Liegt das Probeflächenzentrum im Bereich einer Wiese, einer Weide oder eines Ackers, dann ist die Bestockung meist sehr dicht und vorratsreich, im Durchschnitt beläuft sich der Vorrat auf 443 m^3/ha (nicht dargestellt).

Schneisen und Böschungen

Unter «Schneisen und Böschungen» werden im LFI Seilbahn- und Leitungsschneisen, Servitutsstreifen und Böschungen entlang von Bahnlinien und Hauptstrassen zusammengefasst. Schneisen und Böschungen sind wohl Wald, sie zeichnen sich aber durch eine eingeschränkte Produktion aus, weil die zulässige Baumhöhe in der Regel beschränkt ist. Oft sind sie mit Christbaumkulturen oder Beständen zur Schwachholzproduktion bestockt. Schneisen und Böschungen machen 0,6% der Waldfläche aus (Tab. **074**).



Schneise: Fichtenjungwuchs unter Hochspannungsleitung; Zufikon AG.

Dauernd aufgelöste Bestockungen

Von «dauernd aufgelöster Bestockung» wird gesprochen, wenn der Deckungsgrad dauernd zwischen 20 und 60% liegt und dieser Zustand nicht auf die Holznutzung zurückzuführen ist. Dauernd aufgelöste Bestockungen sind vor allem im Alpenraum (im Bereich der oberen Waldgrenze) und im Jura (Wytweide) vertreten, häufig als Übergangsform von geschlossenem Wald zu offener Weide oder Alpwiese. Nach der Art ihrer Entstehung gehören diese Wälder in der Regel zu den Hochwäldern.



Aufgelöste Bestockung: Wytweide bei Pré-Petitjean; Montfaucon JU.

073 **Stammzahl, Vorrat, Basalfläche, Zuwachs, Nutzung und Mortalität nach Waldtyp**

in Stück/ha, m^3/ha, m^2/ha und m^3/ha/Jahr
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald*; zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4**

Waldtyp	Stammzahl*		Vorrat*		Basalfläche*		Zuwachs**		Nutzung und Mortalität**	
	Stk./ha	± %	m^3/ha	± %	m^2/ha	± %	m^3/ha/Jahr	± %	m^3/ha/Jahr	± %
gleichförmiger Hochwald	414	1	383,8	1	32,3	1	10,2	2	9,3	3
ungleichförmiger Hochwald	468	2	370,5	2	35,7	2	8,9	4	5,9	8
plenterartiger Hochwald	417	3	295,6	3	29,5	3	7,7	5	5,9	11
Mittelwald	519	14	262,7	13	27,5	11	6,3	23	2,2	39
Niederwald	539	5	189,9	6	23,3	5	5,9	11	2,7	19
Selven und Plantagen	337	14	427,1	18	55,9	24	10,1	20	1,6	76
dauernd aufgelöste Bestockungen	217	5	132,9	5	16,3	5	3,7	12	1,2	22
Schneisen und Böschungen	422	19	205,7	16	23,1	16	8,5	24	5,1	41
dauernd nicht bestockte Waldfläche[1]	362	9	319,9	9	31,1	9	8,6	10	9,9	23
Gesamt	**413**	**1**	**350,1**	**1**	**31,2**	**1**	**9,3**	**1**	**8,0**	**3**

[1] Wiese, Waldstrasse, Lagerplatz, Bach, Lawinenzug, Blockschuttfläche usw.

WSL/LFI4



Aufgelöste Bestockung und Alpweide; Muotathal SZ.

Die dauernd aufgelösten Bestockungen sind der vierthäufigste Waldtyp. Sie machen rund 5% der Waldfläche aus (Tab. **074**). Rund 56% der dauernd aufgelösten Bestockungen liegen in den Alpen, 19% befinden sich auf der Alpensüdseite, 11% im Jura, 11% in den Voralpen und nur 3% im Mittelland (Tab. **072**). Dabei sind Stammzahl (217 Stk./ha) und Vorrat (133 m^3/ha) wie zu erwarten viel kleiner als bei den anderen Waldtypen (Tab. **073**).

Selven und Plantagen

Selven, in der Schweiz vor allem Kastanien- und selten Nussbaumselven, dienen bzw. dienten gleichzeitig sowohl der Holznutzung als auch der Frucht- und Heugewinnung sowie der Weide. Selven sind, ebenso wie viele «dauernd aufgelöste Bestockungen», Beispiele für eine kombinierte land- und forstwirtschaftliche Nutzung. Plantagen sind landwirtschaftsähnliche Kulturen aus raschwüchsigen Gehölzarten, vor allem Pappeln, mit dem Ziel der Holzproduktion.



Typische Kastanienselve im Malcantone; Mugena TI.



Pappelplantage am Murtensee; Galmiz FR.

Selven und Plantagen kommen fast ausschliesslich in der kollinen/submontanen Stufe vor (nicht dargestellt). Sie machen lediglich 0,2% der Waldfläche aus (Tab. **074**), wobei davon mehr als zwei Drittel Selven sind. Diese befinden sich hauptsächlich auf

074 Waldfläche nach Waldtyp und Entwicklungsstufe

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Wald

Waldtyp	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
gleichförmiger Hochwald	70,9	1,4	84,0	1,1	66,1	1,4	50,4	1,0	35,9	1,5	60,0	0,6
Entwicklungsstufen:												
Schlagflächen[1]	0,3	0,2	1,4	0,4	2,5	0,5	1,8	0,3	0,8	0,3	1,5	0,2
Jungwuchs/Dickung	6,2	0,7	10,8	0,8	8,3	0,8	5,9	0,5	2,0	0,4	6,6	0,3
Stangenholz	9,0	0,8	16,8	1,0	8,7	0,8	11,3	0,6	11,3	1,0	11,5	0,4
schwaches Baumholz	10,9	1,0	11,5	0,9	7,5	0,8	7,4	0,5	7,8	0,9	8,7	0,3
mittleres Baumholz	21,6	1,3	16,3	1,1	14,5	1,0	10,4	0,6	6,5	0,8	13,3	0,4
starkes Baumholz	22,9	1,3	27,2	1,2	24,5	1,2	13,6	0,7	7,5	0,8	18,4	0,4
ungleichförmiger Hochwald	12,7	1,0	8,0	0,8	13,5	1,0	12,7	0,7	12,2	1,0	11,9	0,4
plenterartiger Hochwald	6,6	0,8	2,5	0,4	8,4	0,8	8,5	0,6	6,0	0,8	6,8	0,3
Mittelwald	0,5	0,2	0,0	*	0,1	0,1	0,1	0,1	1,5	0,4	0,3	0,1
Niederwald	0,6	0,2	0,6	0,2	1,0	0,3	2,3	0,3	16,7	1,2	3,6	0,2
Selven und Plantagen	0,0	*	0,3	0,1	0,0	*	0,0	0,0	1,1	0,3	0,2	0,1
dauernd aufgelöste Bestockungen	4,0	0,6	0,9	0,3	3,2	0,5	8,6	0,6	6,7	0,8	5,3	0,3
Schneisen und Böschungen	0,7	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2	0,6	0,2	0,7	0,3	0,6	0,1
dauernd nicht bestockte Waldfläche[2]	3,5	0,6	2,6	0,5	3,3	0,5	2,1	0,3	1,6	0,4	2,5	0,2
zugänglicher Wald ohne Gebüschwald	**99,5**	**0,2**	**99,1**	**0,3**	**95,9**	**0,6**	**85,2**	**0,7**	**82,4**	**1,2**	**91,3**	**0,3**
unzugänglicher Wald	0,5	0,2	0,8	0,3	2,7	0,5	4,5	0,4	6,9	0,8	3,3	0,2
Gebüschwald	0,0	*	0,1	0,1	1,5	0,4	10,3	0,6	10,7	0,9	5,5	0,3
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

[1] Waldtyp «vorübergehend nicht bestockte Waldfläche», d.h. Schlag- und Schadenflächen
[2] Wiese, Waldstrasse, Lagerplatz, Bach, Lawinenzug, Blockschuttfläche usw.
* Schätzfehler nicht berechenbar

der Alpensüdseite. Die wenigen Plantagen sind primär im Mittelland anzutreffen (Tab. **072**). Selven und Plantagen sind für eine getrennte Betrachtung zu selten. Die Aussagen über diesen Waldtyp haben daher nur Hinweischarakter.

Niederwald

Niederwälder (Abb. **076**) sind ausschliesslich aus vegetativer Vermehrung entstanden (Stockausschlagwälder). Sie wurden früher (oder werden noch immer) in kurzen Umtriebszeiten von 10 bis 30 Jahren kahl geschlagen und liefern meist nur dünnes Holz, das für Pfähle und Stangen oder als Industrie- oder Brennholz verwendet werden kann. Rund ein Drittel der Niederwälder soll nach Auskunft der Förster in den nächsten 20 Jahren einen Eingriff erfahren. Davon sind bei gut einem Fünftel Niederwaldschläge vorgesehen, bei einem Viertel Lichtungen und Räumungen, und bei den restlichen Eingriffen überwiegen



Kastanien-Niederwald; Locarno TI.

075 **Vorrat nach Waldtyp und Entwicklungsstufe**

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Waldtyp	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
gleichförmiger Hochwald	73,9	1,6	85,9	1,2	75,2	1,5	66,4	1,3	47,7	2,3	72,1	0,7
Entwicklungsstufen:												
Schlagflächen[1]	0,1	0,1	0,1	0,0	0,7	0,2	0,8	0,2	0,5	0,4	0,5	0,1
Jungwuchs/Dickung	1,0	0,3	2,4	0,4	1,8	0,3	2,3	0,4	0,5	0,2	1,8	0,2
Stangenholz	5,0	0,6	9,8	0,8	4,4	0,5	6,5	0,5	7,6	0,9	6,5	0,3
schwaches Baumholz	10,9	1,0	12,1	1,1	7,2	0,8	8,9	0,8	9,0	1,2	9,5	0,4
mittleres Baumholz	25,1	1,6	18,9	1,4	18,7	1,4	17,8	1,1	13,6	1,7	19,2	0,6
starkes Baumholz	31,8	1,8	42,5	1,7	42,5	1,8	30,0	1,4	16,5	1,9	34,6	0,8
ungleichförmiger Hochwald	13,5	1,2	8,6	1,0	13,1	1,1	17,1	1,1	17,8	1,8	13,8	0,5
plenterartiger Hochwald	5,6	0,8	2,0	0,4	7,1	0,8	8,4	0,7	7,9	1,3	6,3	0,3
Mittelwald	0,5	0,2	0,0	*	0,1	0,1	0,0	0,0	1,7	0,5	0,3	0,1
Niederwald	0,3	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1	1,4	0,3	17,3	1,6	2,1	0,2
Selven und Plantagen	0,0	*	0,4	0,2	0,0	*	0,1	0,1	1,8	0,7	0,3	0,1
dauernd aufgelöste Bestockungen	1,8	0,3	0,3	0,1	1,2	0,3	4,1	0,4	3,7	0,7	2,2	0,2
Schneisen und Böschungen	0,5	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,5	0,2	0,5	0,3	0,4	0,1
dauernd nicht bestockte Waldfläche[2]	3,8	0,9	2,3	0,6	2,9	0,7	1,9	0,5	1,7	0,7	2,5	0,3
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

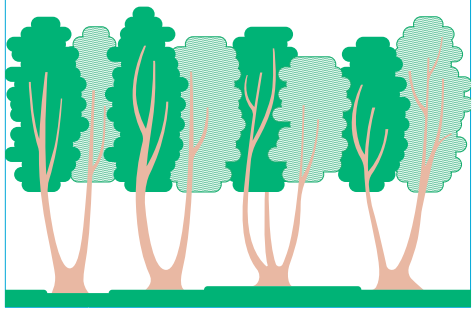
[1] Waldtyp «vorübergehend nicht bestockte Waldfläche», d.h. Schlag- und Schadenflächen
[2] Wiese, Waldstrasse, Lagerplatz, Bach, Lawinenzug, Blockschuttfläche usw.
* Schätzfehler nicht berechenbar

WSL/LFI4

Durchforstungen (nicht dargestellt). Längere Zeit nicht mehr genutzte und deshalb ausgewachsene Niederwälder werden als ehemalige Niederwälder miterfasst. Über die Hälfte der Niederwälder wurde letztmals vor mehr als 50 Jahren genutzt (nicht dargestellt).

076 Niederwald

Im Niederwald bilden die Stockausschläge einen reinen Laubwald.



Der Niederwald nimmt 3,6% der Waldfläche ein (Tab. **074**) und hat seinen Verbreitungsschwerpunkt auf der Alpensüdseite (Tab. **072**) in der kollinen/submontanen Stufe (nicht dargestellt). Die Fläche des Niederwaldes ist deutlich grösser als im LFI3, was zum grössten Teil daran liegt, dass andere Waldtypen teils neu als (ehemaliger) Niederwald erkannt und umklassiert wurden. Die Stammzahl ist in diesem Waldtyp am höchsten (539 Stk./ha), der Vorrat hingegen mit 190 m^3/ha verhältnismässig tief (Tab. **073**). Der Zuwachs von 5,9 m^3/ha/Jahr ist mehr als doppelt so gross wie die jährliche Nutzung und Mortalität (2,7 m^3/ha/Jahr).

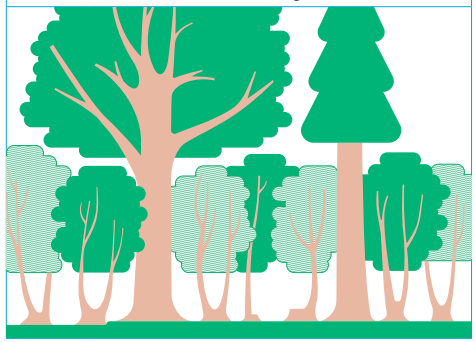
Mittelwald

Der Mittelwald ist eine Mischform von Hochwald und Niederwald (Abb. **077**). Kernwüchse aus generativer Vermehrung (Samen) wachsen in die Oberschicht und dienen der Nutzholzproduktion. Stockausschläge aus vegetativer Vermehrung bilden die Hauschicht, die früher periodisch kahl geschlagen wurde und deren Holz insbesondere als Energieträger verwendet wurde. Im LFI werden unter «Mittelwald» auch «ehemalige Mittelwälder» verstanden, die nicht mehr als solche bewirtschaftet werden. In den meisten ehemaligen Mittelwäldern wächst die frühere Hauschicht in die Oberschicht ein, wodurch diese Wälder gleichförmiger werden. Früher wurden ehemalige Mittelwälder oft auch in Hochwälder umgewandelt. Vereinzelt werden Mittelwälder heute aus Naturschutzgründen oder als kulturhistorische Zeugen erhalten und gepflegt.

Seit dem LFI1 hat sich die Fläche der Mittelwälder mit jeder Inventur halbiert. Derzeit macht sie nur noch 0,3% der gesamten Waldfläche aus (Tab. **072** und **074**). Die Mittelwälder befinden sich hauptsächlich in der kollinen/submontanen Vegetationshöhenstufe (nicht dargestellt). Die Mittelwälder der Alpensüdseite unterscheiden sich im Aufbau und in der Baumartenzusammensetzung von denjenigen der Alpennordseite. Auf der Alpensüdseite handelt es sich in der Regel

077 Mittelwald

Charakteristisch für den Mittelwald sind grosskronige Kernwüchse in der Oberschicht und die Hauschicht mit Stockausschlägen.





Mittelwald, im Vordergrund Schlagfläche; Romanshorn TG.

um Niederwälder mit einzelnen Kernwüchsen aus Edelkastanie. Auf der Alpennordseite sind in der Oberschicht zahlreiche Baumarten vorhanden. Diese Unterschiede sind im Ergebnisbericht des LFI1 ausführlich beschrieben (EAFV 1988, S. 138 ff.). Die Mittelwälder haben mit 519 Stk./ha eine ziemlich hohe Stammzahl, sind aber mit 263 m^3/ha relativ vorratsarm (Tab. **073**). Dem jährlichen Zuwachs von 6,3 m^3/ha steht eine jährliche Nutzung und Mortalität von 2,2 m^3/ha gegenüber.

Plenterartiger Hochwald

Der plenterartige Hochwald nach LFI ist definiert durch eine **gemischte Entwicklungsstufe** und eine **stufige Bestandesstruktur** (Abb. **078**). Eine gemischte Entwicklungsstufe liegt dann vor, wenn die Stammdurchmesser der 100 stärksten Bäume pro Hektare im massgebenden Bestand über mindestens drei Stärkeklassen streuen. Als stufig gilt im LFI die Bestandesstruktur, wenn die bestandesbildenden Bäume mehreren, nicht voneinander zu unterscheidenden Schichten angehören.

078 Plenterartiger Hochwald mit stufiger Struktur

Stufige Vertikalstruktur und gemischte Entwicklungsstufe auf kleiner Fläche kennzeichnen den plenterartigen Hochwald.



079 Plenterartiger Hochwald mit Rottenstruktur

Die Rotten des Gebirgsplenterwaldes sind Kollektive von mehr oder weniger gedrängt stehenden Bäumen.



Zum plenterartigen Hochwald zählen auch die Wälder mit **Rottenstruktur** (Abb. **079**).

Der plenterartige Hochwald macht rund 7% der Waldfläche aus (Tab. **074**). Hier stehen auch 6% des gesamten Vorrats (Tab. **075**). Gegen die Hälfte dieses Waldtyps liegt in den Alpen (Tab. **072**), und zwar vor allem in der oberen montanen und in der unteren subalpinen Stufe (nicht dargestellt), ein Fünftel befindet sich in den Voralpen und ein Siebtel im Jura.



Plenterartiger, stufiger Hochwald; Dürsrüti, Langnau BE.



Subalpiner Fichtenwald mit Rottenstruktur; Wägital SZ.

Die Fläche des plenterartigen Hochwaldes ist 15% kleiner als im LFI3 (Cioldi *et al.* 2010), obschon die Dauerwaldbewirtschaftung eher zugenommen hat. Die Abnahme ist vermutlich die Folge einer Umklassierung in ungleichförmigen Hochwald, bedingt durch die unterschiedliche Beurteilung der Bestandesmerkmale «Bestandesstruktur» und «Entwicklungsstufe» in den beiden Inventuren. Im plenterartigen Hochwald stehen 417 Bäume pro Hektare, also praktisch gleich viele wie im gleichförmigen Hochwald, der Vorrat ist aber deutlich tiefer (296 m^3/ha; Tab. **073**). Dem Zuwachs von 7,7 m^3/ha/Jahr steht eine Nutzung und Mortalität von 5,9 m^3/ha/Jahr gegenüber.

Ungleichförmiger Hochwald

Im ungleichförmigen Hochwald ist die **Entwicklungsstufe gemischt** wie im plenterartigen Hochwald, die Bestandesstruktur ist dagegen **ein- oder mehrschichtig** wie in den meisten gleichförmigen Hochwäldern (Abb. **080**). Je nach Ausprägung dieser Merkmale

WSL/LFI4

können ungleichförmige Hochwälder in ihrem Erscheinungsbild dem plenterartigen oder dem gleichförmigen Hochwald sehr ähnlich sehen.

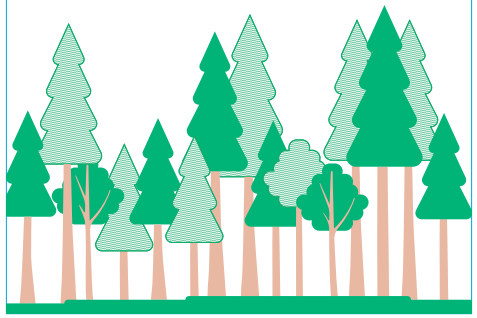


Ungleichförmiger, einschichtiger Fichten-Hochwald; Olivone TI.

Der ungleichförmige Hochwald macht 12% der Waldfläche aus. Davon liegt mehr als ein Drittel in den Alpen (Tab. **072**). Der Rest ist mehr oder weniger gleichmässig auf die übrigen Regionen verteilt. Gegenüber dem LFI3 hat die Fläche des ungleichförmigen Hochwaldes stark zugenommen. Viele der in der Vorinventur als gleichförmiger oder als plenterartiger Hochwald bezeichneten Waldbestände sind im LFI4 als ungleichförmige Hochwälder klassiert worden, was wohl weniger auf eine veränderte Waldbehandlung als auf eine unterschiedliche Ansprache der Bestandesmerkmale «Bestandesstruktur» und «Entwicklungsstufe» in den beiden Inventuren zurückzuführen ist. Im ungleichförmigen Hochwald stehen 14% des Vorrates (Tab. **075**). Er weist einen Zuwachs von 8,9 m^3/ha/Jahr und eine Nutzung und Mortalität von 5,9 m^3/ha/Jahr auf (Tab. **073**). Der ungleichförmige Hochwald ist stammzahlreich (468 Stk./ha). Mit 371 m^3/ha liegt der Vorrat etwas über dem Mittelwert für den Schweizer Wald.

080 Ungleichförmiger Hochwald

Der ungleichförmige Hochwald ist im Gegensatz zum plenterartigen Hochwald nicht stufig, sondern schichtig aufgebaut.

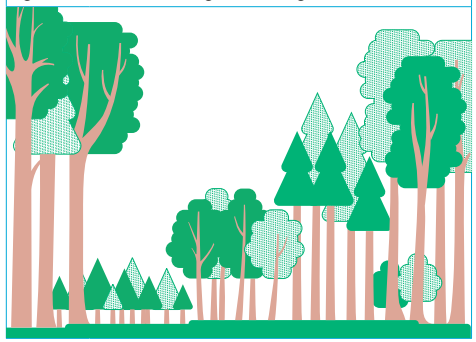


Gleichförmiger Hochwald

Im gleichförmigen Hochwald können, im Gegensatz zum plenterartigen und zum ungleichförmigen Hochwald, einzelne mehr oder weniger homogene, flächenmässig abgrenzbare Bestände unterschieden werden (Abb. **081**). Diese Bestände sind insofern gleichförmig, als die 100 stärksten Bäume pro Hektare einen ähnlichen BHD aufweisen und somit **derselben Entwicklungsstufe** angehören. In der Regel sind die Bestände ein- oder mehrschichtig, stufige Bestände mit einer vorherrschenden Entwicklungsstufe kommen nur selten vor. Wie schon im LFI2 und LFI3 werden sämtliche Schlag- und Schadenflächen zum gleichförmigen Hochwald gerechnet. Bei den Schlag- und Schadenflächen handelt es sich um vorübergehend nicht bestockte Waldflächen, die zum Zeitpunkt der Aufnahme weder bepflanzt noch mit Naturverjüngung bestockt waren (Deckungsgrad unter 20%).

081 Gleichförmiger Hochwald

Der gleichförmige Hochwald ist aus Beständen aufgebaut, deren Bäume überwiegend der gleichen Entwicklungsstufe angehören.





Schlagfläche; Romanshorn TG.

Der gleichförmige Hochwald ist mit 60% der Waldfläche der weitaus häufigste Waldtyp (Tab. **072**). Im Mittelland dominiert er mit einem Anteil von 84% (Tab. **074**). Sein Anteil nimmt mit zunehmender Höhenlage ab. Entsprechend macht er in der Region Alpen nur 50% der Waldfläche aus und auf der Alpensüdseite – auch wegen den vielen Niederwäldern – gar nur 36%.



Einschichtiges, starkes Buchen-Baumholz; Oberwil AG.

Im gleichförmigen Hochwald stehen 72% des Vorrates (Tab. **075**). Nach den Selven/Plantagen hat der gleichförmige Hochwald mit 384 m^3/ha den grössten Vorrat aller Waldtypen (Tab. **073**). Zudem sind der Zuwachs (10,2 m^3/ha/Jahr) und die Nutzung und Mortalität (9,3 m^3/ha/Jahr) im gleichförmigen Hochwald am grössten.

Entwicklungsstufen

Im gleichförmigen Hochwald werden die folgenden Entwicklungsstufen unterschieden:

Entwicklungsstufe	*dominanter BHD*
Jungwuchs/Dickung	<12 cm
Stangenholz	12–30 cm
schwaches Baumholz	31–40 cm
mittleres Baumholz	41–50 cm
starkes Baumholz	>50 cm
Schlag- und Schadenflächen	Deckungsgrad <20%

Der gleichförmige Hochwald besteht zu 3% aus vorübergehend nicht bestockten Waldflächen (Schlag- und Schadenflächen), 11% Jungwüchsen/Dickungen, 19% Stangenholz, 15% schwachem Baumholz, 22% mittlerem Baumholz und 31% starkem Baumholz (Tab. **083**).

Im Vergleich zum LFI3 haben Schlagflächen abgenommen, insbesondere im Jura, im Mittelland und in den Voralpen (nicht dargestellt). Jungwuchs/Dickung und Stangenholz haben dagegen zugenommen (Tab. **083**), und das in allen Regionen ausser auf der Alpensüdseite (nicht dargestellt). Auf den Schlagflächen, die als Folge des Orkans Lothar im Jahr 1999 entstanden sind, hat sich unterdessen junger Wald eingestellt. Die meisten der im LFI4 vorübergehend nicht bestockten Waldflächen befinden sich in den Alpen und in den Voralpen, gefolgt vom Mittelland (Tab. **082**). Im Jura ist ihr Anteil mit Abstand am kleinsten (Tab. **082**).

Beim Baumholz haben sich die Anteile des schwachen und des starken Baumholzes nicht verändert, abgenommen hat dagegen das mittlere Baumholz (Tab. **083**). Die Unterschiede in den Regionen sind teils beträchtlich: Während im Mittelland die Anteile aller

WSL/LFI4

082 Waldfläche nach Entwicklungsstufe

in 1000 ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: gleichförmiger Hochwald (= 65,9% des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald)

Entwicklungsstufe	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %
Schlagflächen[1]	0,6	58	3,3	24	5,9	18	8,5	15	1,6	35	19,9	10
Jungwuchs/Dickung	12,4	12	24,7	8	19,3	9	27,1	8	3,9	22	87,4	4
Stangenholz	18,0	9	38,6	6	20,2	9	52,3	6	21,7	9	150,8	3
schwaches Baumholz	22,0	9	26,5	8	17,5	10	34,2	7	14,9	11	115,1	4
mittleres Baumholz	43,5	6	37,4	6	33,7	7	48,0	6	12,5	12	175,1	3
starkes Baumholz	46,0	6	62,4	4	56,8	5	62,6	5	14,4	11	242,3	2
Total	**142,5**	**2**	**193,0**	**1**	**153,3**	**2**	**232,8**	**2**	**68,9**	**4**	**790,6**	**1**

[1] Waldtyp «vorübergehend nicht bestockte Waldfläche», d. h. Schlag- und Schadenflächen

drei Baumholz-Entwicklungsstufen konstant blieben, hat im Jura das starke Baumholz zugenommen, in allen anderen Regionen aber leicht abgenommen (nicht dargestellt). Heute bestehen gesamtschweizerisch 31% der gleichförmigen Hochwälder aus starken Baumhölzern, in der Region Voralpen ist der Anteil mit 37% am höchsten (Tab. **082**). Die Entwicklungsstufen «mittleres Baumholz» und «starkes Baumholz» machen zusammen mehr als die Hälfte des gleichförmigen Hochwaldes aus.

Die Entwicklungsstufe «starkes Baumholz» hat eine durchschnittliche Basalfläche von 45,0 m^2/ha und ist am vorratsreichsten (601 m^3/ha). Es weist auch den grössten Zuwachs auf (12,0 m^3/ha/Jahr). Das Stangenholz und das schwache Baumholz sind erwartungsgemäss am stammzahlreichsten (Tab. **084**). Auf den «Schlag- und Schadenflächen» resultierte die grösste Nutzung und Mortalität, aber auch in der Entwicklungsstufe «Jungwuchs/Dickung» sind grosse Mengen Holz genutzt worden, was auf die Räumung der vormaligen Bestände seit dem LFI3 zurückzuführen ist.

Schlussgrad

Mit dem Schlussgrad wird die horizontale Bestandesstruktur beschrieben. Er ist ein Mass für die gegenseitige Bedrängung der Baumkronen und gibt so auch Aufschluss über das Lichtangebot im Bestand. Der optimale Schlussgrad variiert je nach Waldfunktion und Entwicklungsphase des Bestandes. Generell ungünstig sind sehr dichte Wälder und gedrängte Bestände: Die Baumkronen sind kleiner, und der Bestand ist weniger stabil gegen Wind und Schneedruck. Solche Bestände haben auch wenig Bodenvegetation. Sie sind damit ungeeignet für Tier- und Pflanzenarten, die Licht und Wärme benötigen, und sie bieten dem Wild weniger Äsung, was das Risiko des Wildverbisses an der spärlichen Verjüngung erhöht (Brändli und Cioldi 2015).

Gut ein Viertel (26%) der Bestände in der Schweiz ist heute gedrängt (Tab. **085**) und weist einen sehr dichten Kronenschluss auf. Einen normalen Schlussgrad, wie er für durchforstete Hochwälder bis zur Verjüngungseinleitung idealtypisch ist, haben 23% der Schweizer Wälder. Überdurchschnittlich viele gedrängte und normal geschlossene Wälder sind im Mittelland (32% und 35%) und im Jura (31% und 30%) vorhanden. Die grössten Anteile an räumigen und aufgelösten Wäldern sind dagegen in den Alpen (32%) und auf der Alpensüdseite (25%) zu finden (Schweiz: 24%). Wälder, in denen Baumgruppen mit gedrängtem oder normalem Schlussgrad vorkommen (gruppiert gedrängt/gruppiert normal), gibt es vor allem in den Alpen (insgesamt 18%; Schweiz 11%). Bestände mit Stufenschluss, wo sich die Baumkronen mehr in vertikaler als in horizontaler Richtung konkurrenzieren, haben gesamtschweizerisch einen Flächenanteil von 5%, im Mittelland (2%) und auf der Alpensüdseite (3%) sind sie seltener anzutreffen.

Betrachtet man den Schlussgrad differenziert nach Vegetationshöhenstufen (nicht dargestellt), so ergibt sich eine kontinuierliche Abnahme der gedrängt und normal geschlossenen Wälder mit zunehmender Höhenlage. In der kollinen/submontanen Stufe sind 69%

083 **Waldfläche nach Entwicklungsstufe und Inventur**

in %
Auswertungseinheit: gleichförmiger Hochwald im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

Entwicklungsstufe	LFI3		LFI4	
	%	±	%	±
Schlagflächen[1]	3,5	0,3	2,6	0,3
Jungwuchs/Dickung	8,3	0,4	10,7	0,5
Stangenholz	16,6	0,5	18,8	0,6
schwaches Baumholz	14,8	0,5	14,7	0,6
mittleres Baumholz	26,1	0,7	22,4	0,7
starkes Baumholz	30,7	0,7	30,8	0,7
Total	**100**		**100**	

[1] Waldtyp «vorübergehend nicht bestockte Waldfläche», d.h. Schlag- und Schadenflächen

084 Stammzahl, Vorrat, Basalfläche, Zuwachs, Nutzung und Mortalität nach Entwicklungsstufe

in Stück/ha, m^3/ha, m^2/ha und m^3/ha/Jahr
Auswertungseinheit: gleichförmiger Hochwald (=65,8% des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald)*; gleichförmiger Hochwald im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4**

Entwicklungsstufe	Stammzahl*		Vorrat*		Basalfläche*		Zuwachs**		Nutzung und Mortalität**	
	Stk./ha	± %	m^3/ha	± %	m^2/ha	± %	m^3/ha/Jahr	± %	m^3/ha/Jahr	± %
Schlagflächen[1]	104	12	97,5	14	8,7	12	5,3	13	34,9	13
Jungwuchs/Dickung	112	5	86,8	7	7,7	6	4,0	7	18,1	9
Stangenholz	615	2	182,2	3	20,9	2	10,4	4	4,9	9
schwaches Baumholz	589	2	348,7	2	34,1	2	11,3	5	7,1	8
mittleres Baumholz	431	2	461,0	2	38,1	1	10,1	3	8,0	6
starkes Baumholz	326	2	601,0	1	45,0	1	12,0	3	9,0	5
Total	**414**	**1**	**383,8**	**1**	**32,3**	**1**	**10,2**	**2**	**9,3**	**3**

[1] Waldtyp «vorübergehend nicht bestockte Waldfläche», d.h. Schlag- und Schadenflächen

085 Waldfläche nach Schlussgrad

in 1000 ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

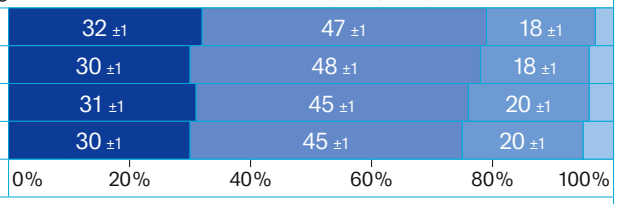
Schlussgrad	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz			
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	%	±
gedrängt	62,4	5	73,9	4	60,8	5	68,1	5	46,1	5	311,3	2	25,9	0,6
normal	60,6	5	78,7	4	50,8	6	57,6	5	30,3	7	277,9	2	23,1	0,5
locker	22,6	9	28,4	8	19,9	10	36,2	7	9,3	14	116,4	4	9,7	0,4
räumig	27,7	8	28,4	8	28,7	8	65,2	5	18,9	10	168,9	3	14,0	0,4
aufgelöst	10,2	14	7,3	16	16,4	11	59,6	5	20,5	9	114,1	4	9,5	0,4
gruppiert gedrängt	2,7	27	1,4	38	13,7	12	37,9	7	14,7	11	70,4	5	5,9	0,3
gruppiert normal	3,1	26	2,2	30	11,6	13	32,4	8	11,7	13	61,0	6	5,1	0,3
Stufenschluss	10,2	14	4,1	22	14,3	12	28,1	8	5,3	19	61,9	6	5,2	0,3
keine Angabe	0,6	58	3,3	24	6,1	18	8,7	15	1,6	35	20,3	10	1,7	0,2
Total	**200,1**	**1**	**227,9**	**1**	**222,3**	**1**	**393,7**	**1**	**158,3**	**2**	**1202,2**	**1**	**100**	

der Wälder gedrängt oder normal geschlossen. Dagegen sind rund 79% der Wälder der oberen subalpinen Stufe räumig, aufgelöst oder gruppiert. Wälder mit Stufenschluss sind vorwiegend in der oberen montanen und in der subalpinen Stufe anzutreffen.

Der Schlussgrad wird im Feld rein gutachtlich beurteilt. Er ist ein gutes Merkmal zur Beschreibung von Zuständen, nicht aber von Veränderungen. Besser geeignet ist dafür der Bestandesdichteindex (Stand Density Index, SDI), der seit dem LFI2 verwendet und für jede Probefläche aus dem Mitteldurchmesser der gemessenen Bäume und der Stammzahl pro Hektare berechnet wird (Brändli und Herold 2001). Wenn auch die Veränderungen langsam ablaufen, ist doch zu erkennen, dass die Bestände in den letzten 30 Jahren kontinuierlich dichter geworden sind: Der Anteil an dichten und sehr dichten Beständen hat von 21% im LFI1 auf 25% im LFI4 zugenommen, umgekehrt hat jener der räumigen bis lockeren Bestände von 79% auf 75% abgenommen (Abb. **086**). Zwischen LFI3 und LFI4 fanden allerdings gesamtschweizerisch keine signifikanten Veränderungen statt, wohl aber in den Regionen: Im Mittelland haben dichte bis sehr dichte Bestände abgenommen. Auf der Alpensüdseite haben dichte und sehr dichte Bestände zugenommen und räumige bis aufgelöste Bestände entsprechend abgenommen. Auch in den Alpen sind die Bestände etwas dichter geworden (nicht dargestellt). Insbesondere in der Subalpinstufe haben dichte bis sehr dichte Bestände zugenommen. Diese Entwicklung weist darauf hin, dass der Bedarf an waldbaulicher Pflege im Gebirgswald zunehmen dürfte, worauf auch die Auswertung der Försterbefragung hindeutet. So hat seit dem LFI3 in der Subalpinstufe der Anteil der Bestände mit einer Eingriffsdringlichkeit von 0 bis 10 Jahren von 23% auf 25% zugenommen, im Schutzwald der Subalpinstufe sogar von 27% auf 33% (nicht dargestellt). Dies ist vermutlich auch darauf zurückzuführen, dass die Wälder in den Alpen und Voralpen insgesamt weniger häufig bewirtschaftet worden sind (Kap. 4, Abb. **132**).

086 **Waldfläche nach Bestandesdichteindex und Inventur**

in %
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI1/LFI2/LFI3/LFI4



Bestandesdichte SDI[1]: bis 400 (räumig/aufgelöst); 401–800 (normal/locker); 801–1200 (dicht); über 1200 (sehr dicht)

[1] SDI: Stand Density Index

087 **Waldfläche nach Bestandesstruktur**

in 1000 ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Bestandesstruktur	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz			
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	%	±
einschichtig	58,0	5	70,6	4	72,4	4	140,1	3	55,9	5	397,0	2	33,0	0,6
mehrschichtig/stufig	140,2	2	153,7	2	140,9	3	233,8	2	98,1	3	766,7	1	63,8	0,6
Rottenstruktur	1,3	41	0,2	*	2,8	27	11,1	13	2,8	26	18,2	10	1,5	0,2
keine Angabe	0,6	58	3,3	24	6,1	18	8,7	15	1,6	35	20,3	10	1,7	0,2
Total	**200,1**	1	**227,9**	1	**222,3**	1	**393,7**	1	**158,3**	2	**1202,2**	1	**100**	

* Schätzfehler ≥ 100%

088 **Stammzahl nach Hauptbaumart und Durchmesser**

in 1000 Stück
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Hauptbaumart	Durchmesserklasse (BHD)											
	12–15 cm		16–23 cm		24–35 cm		36–51 cm		≥ 52 cm		Total	
	1000 Stk.	± %	1000 Stk.	± %	1000 Stk.	± %	1000 Stk.	± %	1000 Stk.	± %	1000 Stk.	± %
Fichte	36670	3	49048	3	46015	3	34021	2	18159	3	183914	2
Tanne	11437	5	14142	5	11220	5	9327	4	6667	4	52794	3
Föhre	3129	13	4594	11	4387	9	3300	7	956	10	16367	7
Lärche	4888	10	6711	7	6646	6	5243	5	3611	6	27100	5
Arve	984	15	1590	13	1992	13	827	12	326	14	5720	10
übrige Nadelhölzer	1637	15	1214	16	475	20	224	26	130	32	3680	12
Total Nadelholz	**58746**	**3**	**77300**	**2**	**70736**	**2**	**52943**	**2**	**29849**	**2**	**289574**	**1**
Buche	18791	4	24893	4	23106	4	15885	3	5848	4	88523	3
Ahorn	7199	6	9595	5	7313	6	2642	5	421	11	27171	4
Esche	5163	7	6901	6	5937	7	3090	6	868	9	21958	4
Eiche	1980	16	2707	12	2705	10	1607	8	816	10	9815	8
Kastanie	2190	18	4243	13	2845	12	1020	12	639	14	10937	10
übrige Laubhölzer	19121	4	18826	5	8099	6	2402	7	552	15	49001	4
Total Laubholz	**54444**	**3**	**67165**	**2**	**50005**	**2**	**26646**	**2**	**9145**	**3**	**207404**	**2**
Total	**113189**	**2**	**144465**	**2**	**120741**	**2**	**79588**	**1**	**38994**	**2**	**496978**	**1**

WSL/LFI4

Bestandesstruktur

Das LFI-Merkmal «Bestandesstruktur» beschreibt den vertikalen Aufbau des Bestandes und ist über die Anteile der einzelnen Schichten definiert. Eine Schicht muss mindestens 20% Deckungsgrad aufweisen, um als solche angesprochen zu werden. In stufig aufgebauten Beständen wie den plenterartigen Hochwäldern sind die bestandesbildenden Bäume in mehreren, nicht voneinander unterscheidbaren Schichten angeordnet. Als Rottenstruktur werden gruppenförmige Baumkollektive bezeichnet, wie sie im Gebirgswald oder zum Beispiel in den Weidewäldern vorkommen können. Aus ökologischer Sicht sind mehrschichtige und stufige Bestände vielfältigere Lebensräume als einschichtige Bestände (Brändli und Cioldi 2015). Viele Waldvogelarten profitieren von stufig aufgebauten Beständen, aber nur wenige vom hallenartigen Wald (Hahn *et al.* 2005).

Einschichtige Bestände machen in allen Regionen mehr als einen Viertel aus; gesamtschweizerisch sind 33% der Bestände einschichtig (Tab. **087**). Da die Abgrenzung zwischen mehrschichtigen und stufigen Beständen sich oft als sehr schwierig gestaltet, werden diese beiden Klassen hier zusammengefasst. Sie haben einen Anteil von 64% an der Waldfläche, mit einem Maximum im Jura, wo sie 70% ausmachen. Einschichtige Bestände haben seit dem LFI3 von 39% auf 33% abgenommen (nicht dargestellt).

Die Bestandesstruktur hängt stark von der Vegetationshöhenstufe ab. Der Anteil an stufigen Beständen oder Beständen mit Rottenstruktur nimmt mit der Höhenlage zu



Der Vorratsanteil des Starkholzes hat weiter zugenommen; Giswil OW.

(nicht dargestellt). Mehr als die Hälfte der Bestände mit Rottenstruktur liegt in den Alpen (Tab. **087**). Mehrschichtige Bestände sind hingegen vor allem in den Tieflagen häufig. In der kollinen/submontanen Stufe machen sie rund zwei Drittel der Bestände aus (nicht dargestellt). Mit zunehmender Höhenlage nimmt ihr Flächenanteil kontinuierlich ab.

Durchmesserverteilung

Aus der Stammzahlverteilung nach Durchmessern lässt sich in gewissem Mass darauf schliessen, ob die Entwicklung bei einer Baumart nachhaltig verläuft. So zeigt die Arve im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten in der untersten Durchmesserklasse einen auffallend kleinen Anteil (Tab. **088**). Auch bei den Lichtbaumarten Föhre, Lärche und Eiche ist die unterste Durchmesserklasse gemessen an der gesamten Stammzahl relativ schwach vertreten. Die Laubhölzer insgesamt sind dagegen in den unteren Durchmesserklassen anteilmässig stärker vertreten als in den oberen: In der Durchmesserklasse von 12–15 cm BHD machen sie 48% der Stammzahl aus, in der Durchmesserklasse ab 52 cm dagegen nur 23%. Gegen die Hälfte der Bäume mit BHD ab 52 cm sind Fichten.

Insgesamt hat sich die Stammzahlverteilung nach Durchmesserklassen gegenüber dem LFI3 auf den gemeinsamen Probeflächen wenig verändert. Aus der Zeitreihe LFI1 bis LFI4 wird aber erkennbar, dass der Anteil der Bäume mit einem BHD von 12–35 cm sukzessive von 79% auf 75% abgenommen und jener der Bäume mit BHD ab 52 cm («Starkholz») von 5% auf 8% zugenommen hat (Abb. **089**).

089 **Stammzahl nach Durchmesser und Inventur**

in %
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI1/LFI2/LFI3/LFI4

LFI1	23 ±0	30 ±0	26 ±0	16 ±0	
LFI2	23 ±0	29 ±0	25 ±0	17 ±0	
LFI3	22 ±0	29 ±0	25 ±0	17 ±0	
LFI4	22 ±0	28 ±0	25 ±0	17 ±0	8 ±0

0% 20% 40% 60% 80% 100%

Durchmesserklasse (BHD): 12–15 cm; 16–23 cm; 24–35 cm; 36–51 cm; ≥ 52 cm

090 **Vorrat nach Hauptbaumart und Durchmesser**

in 1000 m^3
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

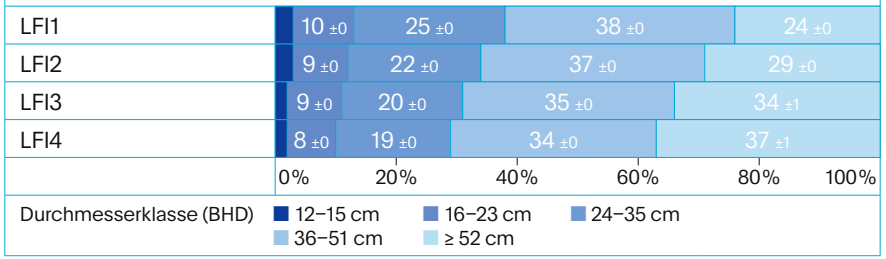
Hauptbaumart	Durchmesserklasse (BHD)											
	12–15 cm		16–23 cm		24–35 cm		36–51 cm		≥ 52 cm		Total	
	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %
Fichte	3449	5	11527	3	31942	3	60822	2	73505	3	181244	2
Tanne	1111	7	3745	5	8573	5	19304	4	30929	4	63662	3
Föhre	255	15	891	12	2521	10	5047	7	3068	10	11781	6
Lärche	338	13	1219	9	3811	7	7769	6	12148	6	25285	4
Arve	87	33	239	17	829	14	873	12	829	15	2856	10
übrige Nadelhölzer	92	15	172	22	230	26	458	28	750	33	1702	19
Total Nadelholz	**5331**	**4**	**17794**	**3**	**47905**	**2**	**94273**	**2**	**121227**	**2**	**286530**	**1**
Buche	1918	6	6065	4	16180	4	28592	3	23546	4	76300	2
Ahorn	722	9	2308	6	4625	6	3813	6	1262	13	12730	4
Esche	623	12	1836	7	4181	7	5704	6	3582	10	15927	5
Eiche	143	15	587	12	1700	11	2725	9	3350	11	8505	7
Kastanie	188	22	956	13	1353	13	1159	13	1904	18	5559	9
übrige Laubhölzer	1691	6	3705	5	4455	6	3191	8	2319	18	15360	5
Total Laubholz	**5284**	**4**	**15458**	**3**	**32495**	**3**	**45183**	**2**	**35963**	**4**	**134382**	**2**
Total	**10615**	**3**	**33252**	**2**	**80400**	**2**	**139455**	**1**	**157190**	**2**	**420912**	**1**

WSL/LFI4

Die Verteilung des stehenden Holzvorrates nach Durchmesserklassen ist eine Grundlage zur ökonomischen Beurteilung der forstlichen Ressourcen bezüglich Holzernteaufwand (Kap. 4.3) und Sortimenten (Kap. 4.5). Die Situation bei der Vorratsverteilung ist ähnlich wie bei der Stammzahl, indem der Vorratsanteil der Laubhölzer mit zunehmender Durchmesserklasse abnimmt (Tab. **090**). So beträgt das Verhältnis von Laubholz zu Nadelholz am Vorrat in der Durchmesserklasse von 12–15 cm BHD etwa 50:50, in derjenigen ab 52 cm BHD aber lediglich noch rund 20:80. In allen Durchmesserklassen weist die Fichte den grössten Vorratsanteil auf, mit einem Maximum von 47% in der obersten und einem Minimum von 32% in der untersten Klasse. Die entsprechenden Anteile der Buche sind dagegen in allen Durchmesserklassen ähnlich gross, mit 18% in der Klasse 12–15 cm BHD und 15% in der Klasse ab 52 cm BHD. Besonders reich an Starkholz sind Weisstanne und Lärche, bei denen 49% bzw. 48% des Vorrates auf die Durchmesserklasse ab 52 cm BHD entfallen, gefolgt von der Fichte mit 41%.

091 **Vorrat nach Durchmesser und Inventur**

in %
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI1/LFI2/LFI3/LFI4



Der Vorratsanteil der Durchmesserklasse ab 52 cm BHD hat innert dreier Jahrzehnte sukzessive von 24% im LFI1 auf 37% im LFI4 zugenommen (Abb. **091**). Seit dem LFI3 hat sich die ökonomische Starkholz-Problematik damit weiter verschärft, wobei in dieser Inventurperiode die Zunahme des Starkholzanteils nur etwa halb so gross wie in den beiden vorangehenden war (Abb. **091**). Die Zunahme betrug in allen Regionen rund drei Prozentpunkte, mit Ausnahme der Alpensüdseite, wo beim Starkholz keine Zunahme zu verzeichnen war (nicht dargestellt). Nicht verändert zwischen LFI3 und LFI4 hat sich der Vorratsanteil in der Durchmesserklasse 12–15 cm BHD, wo zuvor die Anteile noch gesunken waren (Abb. **091**).

Altersaufbau

Der Altersaufbau des Waldes ist eine der wichtigsten forstlichen Kenngrössen und sowohl von ökonomischer als auch von ökologischer Bedeutung. Letztere wird im Kapitel 5.2 behandelt.

Im LFI4 wurde erstmals das **Baumalter**, also das mutmassliche Alter jedes Probebaumes, aufgenommen. Mehrheitlich wurde es aufgrund des Standortes sowie des BHD, der Höhe und der sozialen Stellung des Baumes geschätzt. Manchmal wurden auch die Jahrringe an Stöcken von vergleichbaren gefällten Bäumen oder die Astquirle an jüngeren Nadelbäumen ausgezählt. Durch diese Schätzung ist es nun möglich, auch ungleichaltrige Bestände zu beurteilen und den Stammzahlanteil der wirklich alten Bäume zu ermitteln. Knapp 4% aller Bäume ab 12 cm sind

092 **Stammzahl nach Hauptbaumart und Baumalter**

in %
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Hauptbaumart	Baumalter in Jahren																
	bis 40		41–80		81–120		121–160		über 160		keine Angabe*		Total				
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	Mio Stk.	± %
Fichte	24,8	0,9	38,7	0,9	19,8	0,6	11,3	0,4	5,5	0,3	0,0	0,0	100		184	2
Tanne	24,9	1,3	43,6	1,2	20,0	0,9	9,6	0,6	1,9	0,2	0,0	**	100		53	3
Föhre	12,4	2,7	41,1	2,9	30,4	2,4	11,6	1,6	4,3	1,1	0,1	0,1	100		16	7
Lärche	18,0	1,8	37,2	1,9	17,3	1,1	13,5	1,0	13,9	1,0	0,1	0,1	100		27	5
Arve	9,4	2,7	34,2	3,3	23,4	2,6	14,9	2,0	18,0	2,2	0,0	**	100		6	10
übrige Nadelhölzer	20,1	4,1	59,5	4,6	14,9	2,6	2,4	1,4	0,4	0,3	2,7	2,4	100		4	12
Buche	22,2	0,9	51,4	1,1	21,4	0,8	4,4	0,3	0,6	0,1	0,1	0,0	100		89	3
Ahorn	46,2	1,8	45,4	1,7	7,3	0,6	0,8	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	100		27	4
Esche	48,1	2,1	44,0	2,0	7,5	0,6	0,4	0,1	0,0	**	0,0	0,0	100		22	4
Eiche	13,0	2,2	60,0	3,3	20,0	2,4	6,0	1,0	1,0	0,3	0,0	**	100		10	8
Kastanie	23,3	4,1	67,8	4,2	5,5	1,1	2,0	0,5	1,5	0,5	0,0	**	100		11	10
übrige Laubhölzer	56,6	1,8	41,4	1,7	1,7	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,2	0,1	100		49	4
Gesamt	**28,4**	**0,6**	**43,5**	**0,6**	**17,0**	**0,3**	**7,5**	**0,2**	**3,5**	**0,1**	**0,1**	**0,0**	**100**		**497**	1

* Liegend grüne Probebäume
** Schätzfehler nicht berechenbar

mehr als 160 Jahre alt (Tab. **092**). Am grössten ist der Anteil der über 160-jährigen Bäume bei den Gebirgswaldarten Arve (18%) und Lärche (14%). Bei der Fichte, die über alle Höhenstufen verbreitet ist und teils intensiv genutzt wird, liegt der entsprechende Anteil bei nur 6%.

Das **Bestandesalter** wird bereits seit dem LFI1 erhoben, allerdings nur für Bestände mit einer vorherrschenden Entwicklungsstufe und nicht für solche mit gemischter Entwicklungsstufe. Letztere sind in der Regel ungleichaltrig und machen 25% des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald aus (Tab. **093**). Die Altersermittlung erfolgte gleich wie bei den Einzelbäumen. Jahrringzählung an Stöcken und Astquirlzählungen waren dabei die Ausnahme. In 94% der Fälle (nicht dargestellt) wurde das Alter geschätzt, auch unter Verwendung von Altersangaben aus Vorinventuren. Für vorübergehend nicht bestockte Waldflächen (Schlag- und Schadenflächen) wurde das Alter 0 Jahre eingesetzt.

Die Verteilung der Waldfläche nach dem Bestandesalter zeigt grosse regionale Unterschiede (Tab. **093**). Im Jura sind Bestandesalter zwischen 60 und 140 Jahren am stärksten vertreten, auf der Alpensüdseite diejenigen zwischen 20 und 80 Jahren. Im



Dank der Jahrringzählung können das Baumalter und das Bestandesalter besser geschätzt werden; Vordemwald AG.

WSL/LFI4

093 **Waldfläche nach Bestandesalter**

in 1000 ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Bestandesalter in Jahren	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz			
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	%	±
0*	0,6	58	3,3	24	5,9	18	8,5	15	1,6	35	19,9	10	1,7	0,2
1–20	12,8	12	29,2	7	19,5	9	15,6	11	3,4	24	80,4	4	6,7	0,3
21–40	17,1	10	40,4	6	20,5	9	57,7	6	22,7	9	158,4	3	13,2	0,4
41–60	9,9	14	25,3	8	15,5	11	32,6	7	28,9	8	112,1	4	9,3	0,4
61–80	21,8	9	19,6	10	12,4	13	20,7	10	16,9	10	91,3	4	7,6	0,3
81–100	28,9	7	31,8	7	20,5	9	23,2	9	5,6	19	110,0	4	9,1	0,4
101–120	22,0	9	28,7	7	26,8	8	20,9	9	5,2	19	103,6	4	8,6	0,4
121–140	20,9	9	15,7	11	17,3	10	22,5	9	4,6	21	81,1	5	6,7	0,3
141–160	12,4	12	4,5	21	14,6	11	26,9	8	7,1	16	65,6	5	5,5	0,3
161–180	3,7	23	1,2	41	6,0	18	16,2	11	3,2	25	30,2	8	2,5	0,2
über 180	3,7	23	1,4	38	6,0	18	30,5	8	8,6	15	50,1	6	4,2	0,3
ungleichaltrige Bestände	46,4	6	26,7	8	57,4	5	118,3	4	50,5	5	299,3	2	24,9	0,5
Total	**200,1**	1	**227,9**	1	**222,3**	1	**393,7**	1	**158,3**	2	**1202,2**	1	**100**	

*Schlag- und Schadenflächen



Der Verjüngungsdeckungsgrad ist im Gebirgswald häufig gering; Glarus Nord GL.

Mittelland ist nur 1% der Bestände über 160 Jahre alt. Solche Altbestände kommen hauptsächlich in den Alpen vor. Der Anteil der ungleichaltrigen Bestände nimmt von 15% in der kollinen/submontanen Stufe auf rund 43% in der oberen subalpinen Stufe zu (nicht dargestellt). Mit zunehmender Höhenlage nehmen die jungen Bestände ab und die älteren zu.

Die Altersverteilung der Bestände auf den gemeinsamen Probeflächen hat sich seit dem LFI3 nicht wesentlich verändert. Die Unterschiede sind gering und liegen teilweise im Bereich des Schätzfehlers (Tab. **094**). Zugenommen hat der Anteil der ungleichaltrigen Bestände, wobei hier auch methodische Einflüsse mitspielen. Vermutlich ist ein Teil der älteren Bergwälder vermehrt als ungleichaltrig angesprochen worden.

Die Verteilung der Waldfläche nach vorherrschender Baumart (derjenigen Baumart, die auf der Probefläche den grössten Basalflächenanteil hat) und Bestandesalter zeigt, dass Nadelbestände ab einem Alter von 120 Jahren viel häufiger als Laubbestände sind (Tab. **095**). Dies liegt einerseits daran, dass die Nadelbestände mehrheitlich auf schlechteren Standorten wachsen und daher die gewünschte Dimension später erreichen oder wegen der schweren Zugänglichkeit gar nicht genutzt werden. Andererseits haben einige Laubbaumarten eine kürzere Lebenserwartung und wachsen auf Standorten, die intensiver bewirtschaftet werden.

Von besonderem Interesse sind die jüngsten Bestände im Alter von 0 bis 40 Jahren. Hier zeigt sich, in welche Richtung sich die Baumartenzusammensetzung entwickeln könnte. In dieser Altersklasse sind Fichtenbestände ähnlich häufig wie in den älteren Klassen 41–80 und 81–120 Jahre. Föhre, Buche, Eiche und Kastanie weisen dagegen deutlich kleinere Flächen in den Jungbeständen auf, vermutlich infolge eines über die Jahrzehnte veränderten Waldbaus. Demgegenüber kommen der Ahorn und die übrigen Laubbäume in der Altersklasse 0–40 Jahre deutlich öfter als dominierende Baumarten vor, weniger deutlich auch die Lärche. Dabei gilt zu beachten, dass viele der übrigen Laubbäume natürlicherweise nicht sehr alt werden und dass Lichtbaumarten noch durch die Schattenbaumarten Fichte, Buche und Tanne in ihrer Dominanz reduziert werden können. Letztere dominieren den Schweizer Wald auf insgesamt 38%, 18% und 11% der Fläche (Tab. **095**).

094 **Waldfläche nach Bestandesalter und Inventur**

in %
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

Bestandesalter in Jahren	LFI3		LFI4	
	%	±	%	±
0*	2,5	0,2	1,7	0,2
1–40	18,6	0,5	19,2	0,5
41–80	14,8	0,5	17,0	0,5
81–120	21,7	0,5	18,1	0,5
121–160	14,8	0,5	12,6	0,4
über 160	8,0	0,3	6,8	0,3
ungleichaltrige Bestände	19,6	0,5	24,6	0,6
Total	**100**		**100**	

* Schlag- und Schadenflächen

095 Waldfläche nach vorherrschender Baumart und Bestandesalter

in 1000 ha
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

vorherrschende Baumart	ungleichaltrige Bestände		Bestandesalter in Jahren											
			0–40		41–80		81–120		121–160		über 160		Total	
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %
Fichte	130,0	4	79,6	5	59,6	6	70,2	5	74,6	5	47,9	6	462,0	2
Tanne	35,7	7	20,7	10	14,0	12	30,8	8	28,6	8	6,5	18	136,3	4
Föhre	8,2	16	6,3	18	9,4	14	10,2	14	4,4	21	2,0	32	40,5	7
Lärche	32,3	8	15,0	11	13,9	12	8,1	16	7,5	16	16,0	11	92,8	4
Arve	9,0	15	1,0	45	0,4	71	1,2	41	1,2	41	2,4	29	15,1	11
übrige Nadelhölzer	0,8	50	0,8	50	1,2	41	1,2	41	0,0	*	0,0	*	4,0	22
Total Nadelholz	**213,8**	**3**	**121,1**	**4**	**96,2**	**4**	**122,5**	**4**	**114,6**	**4**	**75,4**	**5**	**743,5**	**1**
Buche	41,5	7	30,5	8	40,1	7	72,8	5	24,4	9	4,2	22	213,5	3
Ahorn	5,6	19	16,1	11	8,9	15	3,9	22	0,4	71	0,2	**	35,2	7
Esche	7,9	16	13,0	12	13,2	12	5,6	19	2,0	32	0,0	*	41,7	7
Eiche	5,0	20	3,3	24	8,6	15	4,6	21	2,3	29	0,2	**	24,1	9
Kastanie	9,4	14	2,6	28	7,9	15	1,7	35	0,8	50	0,8	50	23,2	8
übrige Laubhölzer	11,8	13	31,8	8	22,7	9	2,6	28	0,4	71	0,0	*	69,2	5
Total Laubholz	**83,3**	**5**	**99,6**	**4**	**103,7**	**4**	**90,4**	**4**	**32,1**	**8**	**4,8**	**20**	**413,9**	**2**
keine Angabe[1]	2,2	30	38,1	7	3,6	24	0,6	58	0,0	*	0,2	**	44,8	7
Total	**299,3**	**2**	**258,8**	**2**	**203,4**	**3**	**213,5**	**3**	**146,7**	**3**	**80,4**	**5**	**1202,2**	**1**

[1] Probeflächen ohne Bäume mit BHD ≥ 12 cm
* Schätzfehler nicht berechenbar
** Schätzfehler ≥ 100%

WSL/LFI4

Ist der Flächenanteil aller Altersklassen (bei gleicher Umtriebszeit für alle Baumarten) gleich gross, spricht man von einem nachhaltig aufgebauten Wald. Einen solchen Waldaufbau streben Bewirtschafter oft an, damit die Waldleistungen, insbesondere die gewünschten Holzsortimente, kontinuierlich anfallen. Die flächenmässige Nachhaltigkeit des Altersaufbaus wird mit dem sehr einfachen, bereits im LFI1 verwendeten Modell beurteilt (EAFV 1988, S. 159ff). Das Modell geht von der Annahme aus, dass die Umtriebszeit auf geringen und mässigen Standorten 180 Jahre sei, auf guten Standorten 150 Jahre und auf sehr guten Standorten 120 Jahre (Tab. **096**).

Der Vergleich der Sollwerte aus dem Modell mit der tatsächlichen Altersverteilung im Wald gemäss LFI4 zeigt insgesamt einen leichten Mangel an jungen Beständen bis zum Alter von 30 Jahren und an solchen mit einem Alter zwischen 60 und 90 Jahren. Die Situation scheint sich seit dem LFI3 verbessert zu haben: Praktisch in allen Altersklassen haben

sich die Anteile den Modellwerten angenähert und entsprechen diesen teils sehr gut. Der Anteil für die drei Altersklassen bis 90 Jahre hat von 48% auf 55% zugenommen und entspricht fast dem Modell (60%). Diese Verbesserung betrifft auch Waldbestände, in denen die Holzproduktion Vorrang vor den anderen Waldfunktionen hat (nicht dargestellt). Der Altersaufbau ist im gleichaltrigen Wald daher aus Sicht der Holzproduktion annähernd optimal, sofern die Modellannahmen zutreffen. Doch übertreffen immer noch 6% der gleichförmigen Hochwälder die optimale Umtriebszeit, auf sehr guten Standorten sind es sogar 14%. Würde dort die Umtriebszeit bei 90 Jahren angesetzt – wie es aufgrund der derzeitigen Nachfrage von Fichtensortimenten optimal wäre, wären auf sehr guten Standorten sogar 37% aller Bestände (Tab. **096**) oder 39% der Fichtenbestände zu alt (Brändli und Cioldi 2015). Ökologisch betrachtet ist der Schweizer Wald dagegen zu jung: Im Vergleich zu Urwäldern fehlen ihm Bestände in der «zweiten Lebenshälfte» (Kap. 5.2).

Verjüngungsdeckungsgrad

Die Waldverjüngung ist ein wesentlicher Aspekt zur Beurteilung der meisten Waldleistungen. Allerdings bestehen dazu, mit Ausnahme des Schutzwaldes (Kap. 6.2), keine Sollwerte. Der Verjüngungsdeckungsgrad wird, wie die übrigen Bestandesmerkmale, im massgebenden Bestand innerhalb der Interpretationsfläche (50 × 50 m) geschätzt. Dafür werden sechs Klassen verwendet.

Erwartungsgemäss sind Wälder der Tieflagen (wüchsige Standorte, Laubbäume) reicher an Verjüngung als solche in Hochlagen (Nadelbäume, raues Klima, Vegetationskonkurrenz). So haben Bestände mit einem Verjüngungsdeckungsgrad von über 50% in der kollinen/submontanen Stufe einen Anteil von 32%, in der oberen subalpinen Stufe

096 **Vergleich der Altersklassenverteilung mit Modellannahmen nach Standortgüte und Inventur**

in % pro Standortgüteklasse
Auswertungseinheit: Wald mit Altersangaben im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4
(= 73,7% des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald im LFI4)

Bestandesalter in Jahren	Standortgüte											
	gering/mässig			gut			sehr gut			Gesamt		
	Modell	LFI3	LFI4	Modell	LFI3	LFI4	Modell	LFI3	LFI4	Modell[1]	LFI3	LFI4
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
bis 30	16,7	15,5	13,1	20,0	17,0	16,3	25,0	21,4	22,4	20,0	17,5	16,7
31–60	16,6	12,7	21,0	20,0	17,2	22,9	25,0	15,6	22,2	20,0	14,9	21,9
61–90	16,7	11,8	13,0	20,0	16,8	18,3	25,0	20,8	18,5	20,0	15,8	16,2
91–120	16,6	16,8	14,7	20,0	25,4	20,2	25,0	27,6	23,2	20,0	22,5	18,8
121–150	16,7	20,3	16,4	20,0	15,6	14,4	–	11,6	11,4	14,0	16,5	14,4
151–180	16,7	10,6	10,0	–	5,1	5,2	–	2,2	1,6	6,0	6,6	6,2
über 180	–	12,3	11,8	–	3,0	2,6	–	0,8	0,6	–	6,2	5,8
Total	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**
Total in 1000 ha	–	366,7	344,4	–	300,8	280,8	–	235,7	228,6	–	903,3	853,9

[1] mit dem Flächenanteil gewichtetes Mittel der Modellwerte in den Standortgüteklassen

WSL/LFI4

dagegen nur gerade einen solchen von 3% (Tab. **097**). Vor allem in den Hochlagen gibt es viele Flächen mit sehr wenig oder gar keiner Verjüngung, was im Schutzwald, wo eine kontinuierliche Verjüngung angestrebt wird, problematisch ist (vgl. Kap. 6.2). In der oberen subalpinen Stufe beispielsweise weisen zwei Drittel der Bestände weniger als 10% Verjüngungsdeckungsgrad auf. Seit dem LFI3 hat sich die Verjüngungssituation insofern verändert, als dass Bestände mit weniger als 10% Verjüngungsdeckungsgrad von 30% auf 35% zugenommen (Tab. **098**) und solche mit einem Verjüngungsdeckungsgrad von 10–50% von 52% auf 46% abgenommen haben. Der Anteil der Bestände mit mehr als 50% Verjüngungsdeckung liegt dagegen unverändert bei 19%.

097 **Waldfläche nach Verjüngungsdeckungsgrad und Vegetationshöhenstufe**

in %
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Vegetationshöhenstufe	Verjüngungsdeckungsgrad												
	unter 1%		1–9%		10–25%		26–50%		51–75%		76–100%		Total
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%
obere subalpine	11,1	1,6	55,7	2,5	23,4	2,1	6,7	1,3	2,4	0,8	0,8	0,5	100
untere subalpine	7,5	0,7	41,7	1,4	27,5	1,2	13,3	0,9	7,5	0,7	2,5	0,4	100
obere montane	5,6	0,6	31,0	1,2	29,8	1,2	19,8	1,0	9,4	0,8	4,4	0,5	100
untere montane	3,2	0,5	23,9	1,2	28,4	1,2	21,6	1,1	11,7	0,9	11,3	0,9	100
kolline/submontane	2,4	0,4	19,7	1,0	26,5	1,1	19,8	1,0	16,3	0,9	15,3	0,9	100
Gesamt	**5,0**	**0,3**	**30,4**	**0,6**	**27,7**	**0,6**	**17,9**	**0,5**	**10,8**	**0,4**	**8,1**	**0,3**	**100**

098 **Waldfläche nach Verjüngungsdeckungsgrad und Inventur**

in %
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

Verjüngungsdeckungsgrad	LFI3		LFI4	
	%	±	%	±
unter 1%	3,5	0,2	4,9	0,3
1–9%	26,2	0,6	30,4	0,6
10–25%	30,2	0,6	27,7	0,6
26–50%	20,9	0,5	17,9	0,5
51–75%	10,8	0,4	10,9	0,4
76–100%	8,3	0,4	8,2	0,3
Total	**100**		**100**	

2.5 Biomasse und Kohlenstoffvorrat

- Im Schweizer Wald sind in den lebenden Bäumen rund 290 Mio. t Biomasse oder 145 Mio. t Kohlenstoff gespeichert.
- Die oberirdischen Baumkomponenten – Stamm, Äste und Nadeln/Blätter – machen 79% der Biomasse der lebenden Bäume aus, die unterirdischen – die Wurzeln – 21%.
- Im Totholz sind rund 20 Mio. t Biomasse oder 10 Mio. t Kohlenstoff gebunden.



Im Schweizer Wald sind 155 Mio. t Kohlenstoff in den lebenden und toten Bäumen gespeichert; Gresso TI.

Während das Schaftholz die Kenngrösse ist, mit der Vorrat und Gesamtholzvolumen ausgewiesen werden (Kap. 2.3), ist die Biomasse der lebenden Bäume und des Totholzes die notwendige Kenngrösse, um den Kohlenstoffvorrat abzuschätzen, Stoffflüsse zu modellieren oder die vermarktbare Energieholzmenge zu bestimmen. Bei der Berechnung der Biomasse werden alle ober- und unterirdischen Baumkomponenten einbezogen, nicht nur der Baumschaft («Schaftholz»). Die hier angegebenen Ergebnisse zur Biomasse und zum Kohlenstoffvorrat beziehen sich immer auf den zugänglichen Wald ohne Gebüschwald (vgl. Kap. 2.3).

Biomasse der lebenden Bäume

Die Biomasse eines Baumes setzt sich aus den Baumkomponenten Schaftholz in Rinde (untergliederbar in Schaftderbholz, Schaftreisig, Stock), Astholz (Astderbholz in Rinde, Astreisig), Nadeln bzw. Blätter und Wurzeln zusammen (Abb. **049**). Für die Berechnung der Biomasse des Schaftholzes sowie des Astholzes wird zunächst das Volumen dieser Baumkomponenten geschätzt. Beim Schaftholz geschieht dies wie beim Holzvorrat (Kap. 2.3) anhand des BHD (Kap. 2.3), beim Astholz werden andere allometrische Funktionen verwendet (vgl. Herold *et al.* 2019). Anschliessend werden die geschätzten Volumen mittels baumartenspezifischer Holzdichten (vgl. Tab. 6.4.1 in Didion *et al.* 2019) in Biomasse umgerechnet. Im Gegensatz dazu wird die Biomasse von Nadeln/Blättern und Wurzeln mit Biomassefunktionen direkt aus dem BHD abgeschätzt (vgl. Didion *et al.* 2019). Die Biomasse von feinen Wurzeln (<5 mm Durchmesser), die auf circa 5% der Masse der groben Wurzeln geschätzt wird (Perruchoud *et al.* 1999), wird nicht berücksichtigt.

Die Biomasse der lebenden Bäume ab 12 cm BHD beläuft sich im Schweizer Wald auf rund 290 Mio. t bzw. 241 t/ha (Tab. **099**). Aufgrund der spezifischen Holzdichten sind die Beiträge, die die einzelnen Baumarten zur Biomasse und zum Vorrat leisten, nicht gleich gross (Tab. **056**). Die Fichte zum Beispiel hat wegen ihrer vergleichsweise geringen Dichte einen Anteil von nur 38% an der Biomasse, obwohl sie 43% des Vorrats ausmacht.

Rund 79% der Biomasse der lebenden Bäume sind oberirdisch in Stamm (Schaftholz), Ästen (Astderbholz und Astreisig) und Nadeln/Blättern gespeichert, 21% unterirdisch in den Wurzeln (Tab. **100**). Das Schaftholz hat mit rund zwei Dritteln den grössten Anteil an der Biomasse der lebenden Bäume. Beim Laubholz ist der Beitrag des Schaftholzes zur Biomasse mit 67% etwas grösser als beim Nadelholz mit 64%. Grössere Unter-

WSL/LFI4

schiede bestehen bei den Anteilen von Astderbholz (Laubholz: 10%, Nadelholz: 0%) und Wurzeln (Laubholz: 17%, Nadelholz: 24%). Daraus ergibt sich ein höheres Wurzel-Spross-Verhältnis beim Nadelholz als beim Laubholz. Dieses ist definiert als die Wurzelbiomasse geteilt durch die gesamte oberirdische Biomasse und lässt sich aus Tab. **100** herleiten. Die gesamtschweizerischen Werte von ca. 0,31 für Nadelholz und ca. 0,20 für Laubholz liegen innerhalb der in Wäldern der gemässigten Breiten beobachteten Werte (Mokany *et al.* 2006).

Aus dem Vorrat (Tab. **056**) und aus der Biomasse der lebenden Bäume (Tab. **099**) wurden Biomasse-Umrechnungsfaktoren hergeleitet (Tab. **101**). Mit diesen lassen sich auf einfache Weise aus bekannten Vorräten (z. B. eines Forstbetriebs) die Biomasse der lebenden Bäume oder auch nur die Schaftholzbiomasse derselben abschätzen.

Biomasse im Totholz

Die Biomasse der toten stehenden und liegenden Bäume ab 12 cm BHD wird wie diejenige der lebenden Bäume berechnet, allerdings mit zwei Ausnahmen. Erstens werden Nadeln und Blätter nicht berücksichtigt. Zweitens werden Holzdichten verwendet, die dem beobachteten Zersetzungsgrad Rechnung tragen (Tab. 6.4.2 in Didion *et al.* 2019). Zusätzlich zu den stehenden und liegenden toten Bäumen ab 12 cm (Kap. 5.5, «Totholzvolumen») wird bei der Biomasse im Totholz auch

099 **Biomasse nach Hauptbaumart**

in Mio. t und 1000 kg/ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Hauptbaumart	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz			
	Mio. t	± %	Mio. t	± %	Mio. t	± %	Mio. t	± %	Mio. t	± %	Mio. t	± %	1000 kg/ha	± %
Fichte	12,82	5	15,49	5	30,25	3	45,28	3	7,08	8	110,91	2	92,26	2
Tanne	9,97	6	8,93	6	13,43	5	4,78	8	1,15	18	38,26	3	31,83	3
Föhre	1,47	13	1,71	11	0,48	31	3,67	9	0,25	41	7,58	6	6,30	6
Lärche	0,18	34	0,84	16	0,30	35	12,24	5	4,45	8	18,02	4	14,99	4
Arve	0,00	*	0,00	*	0,05	75	2,08	10	0,01	59	2,15	10	1,79	10
übrige Nadelhölzer	0,26	36	0,67	24	0,06	44	0,11	25	0,02	89	1,11	17	0,92	17
Total Nadelholz	**24,70**	**3**	**27,64**	**3**	**44,56**	**3**	**68,17**	**2**	**12,96**	**5**	**178,03**	**1**	**148,09**	**1**
Buche	19,28	4	20,30	4	13,12	6	6,35	8	5,51	10	64,55	2	53,69	2
Ahorn	2,49	7	2,45	8	2,39	8	2,27	9	0,38	18	9,97	4	8,30	4
Esche	2,33	10	5,55	8	2,42	10	1,50	11	0,95	16	12,75	5	10,61	5
Eiche	2,03	14	3,60	11	0,30	25	0,55	21	0,80	15	7,27	7	6,05	7
Kastanie	0,00	*	0,06	92	0,00	*	0,12	49	5,04	12	5,21	11	4,34	11
übrige Laubhölzer	1,80	16	2,78	15	0,88	12	2,94	9	3,63	7	12,04	5	10,01	5
Total Laubholz	**27,94**	**3**	**34,73**	**3**	**19,11**	**4**	**13,73**	**5**	**16,30**	**5**	**111,79**	**2**	**92,99**	**2**
Total	**52,64**	**2**	**62,36**	**2**	**63,66**	**2**	**81,90**	**2**	**29,26**	**3**	**289,82**	**1**	**241,08**	**1**

* Schätzfehler nicht berechenbar

WSL/LFI4

100 Anteil der Baumkomponenten an der Biomasse lebender Bäume

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

		Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
		%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
Nadelholz	Schaftholz	63,5	0,2	65,6	0,2	63,7	0,2	62,7	0,1	62,0	0,3	63,5	0,1
	Astderbholz	0,2	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0
	Astreisig	9,3	0,1	9,1	0,1	9,7	0,1	7,9	0,1	7,3	0,2	8,7	0,0
	Nadeln/Blätter	4,0	0,0	3,7	0,0	3,9	0,0	4,1	0,0	4,4	0,1	4,0	0,0
	Wurzeln	22,9	0,1	21,4	0,1	22,6	0,1	25,1	0,1	26,1	0,3	23,7	0,1
Laubholz	Schaftholz	69,3	0,3	64,5	0,4	69,2	0,3	67,2	0,4	62,6	1,1	66,6	0,3
	Astderbholz	7,2	0,3	15,1	0,5	8,1	0,4	7,8	0,4	8,5	0,9	10,1	0,2
	Astreisig	6,3	0,1	5,2	0,1	5,3	0,1	4,5	0,1	4,8	0,2	5,3	0,1
	Nadeln/Blätter	1,2	0,0	1,1	0,0	1,2	0,0	1,5	0,0	1,8	0,1	1,3	0,0
	Wurzeln	16,0	0,1	14,1	0,1	16,2	0,2	19,0	0,3	22,4	0,4	16,7	0,1
Total	Schaftholz	66,6	0,2	65,0	0,3	65,3	0,2	63,5	0,1	62,3	0,6	64,7	0,1
	Astderbholz	3,9	0,2	8,5	0,4	2,5	0,2	1,4	0,1	4,8	0,6	4,0	0,1
	Astreisig	7,7	0,1	7,0	0,1	8,4	0,1	7,4	0,1	5,9	0,1	7,4	0,0
	Nadeln/Blätter	2,5	0,0	2,2	0,0	3,1	0,0	3,7	0,0	2,9	0,1	3,0	0,0
	Wurzeln	19,3	0,1	17,3	0,1	20,7	0,1	24,1	0,1	24,0	0,2	21,0	0,1

101 Umrechnungsfaktoren für Vorrat (Schaftholzvolumen lebender Bäume) in Biomasse

in kg/m^3 pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

		Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
		kg/m^3	± %	kg/m^3	± %	kg/m^3	± %	kg/m^3	± %	kg/m^3	± %	kg/m^3	± %
Biomasse/Schaftholzvolumen[1]	Nadelholz	605	0	592	0	604	0	644	0	667	1	621	0
	Laubholz	804	0	865	1	804	0	817	1	862	2	832	0
	Gesamt	**697**	**0**	**718**	**1**	**653**	**0**	**668**	**0**	**763**	**1**	**689**	**0**
Schaftholzbiomasse/Schaftholzvolumen[2]	Nadelholz	384	0	388	0	385	0	404	0	414	0	394	0
	Laubholz	557	0	558	0	557	0	549	0	539	0	554	0
	Gesamt	**464**	**0**	**466**	**1**	**427**	**0**	**424**	**0**	**476**	**1**	**445**	**0**

[1] Umwandlung und Expansion von Schaftholz in Biomasse
[2] Umwandlung von Schaftholz in Schaftholzbiomasse

das am Boden liegende Totholz ab 7 cm Durchmesser einbezogen, sofern dieses nicht schon bei den Bäumen erfasst worden war (Kap. 5.5, «LIS-Totholz»). In der Summe ergibt das die sogenannte Totholzmenge (Kap. 5.5).

Insgesamt sind im Schweizer Wald 20 Mio. t bzw. rund 17 t/ha Totholz vorhanden (Tab. **102**). Diese Biomasse verteilt sich zu annähernd gleichen Teilen auf stehende tote Bäume (33%), liegende tote Bäume (36%) und LIS-Totholz (31%). Mit Abstand am meisten Biomasse aus Totholz resultiert mit 7,97 Mio. t in den Alpen (= 47%; Tab. **102**). Dementsprechend ist der Anteil, den das Nadelholz an die Biomasse im Totholz beisteuert (65%), auch viel höher als derjenige des Laubholzes (30%). Bei etwa 5% der Biomasse im Totholz (oder 16% im LIS-Totholz) konnte die Baumart nicht bestimmt werden (nicht dargestellt).

Kohlenstoffvorrat in Waldbäumen

Der Kohlenstoffvorrat und insbesondere die aus dessen Schwankungen über die Zeit resultierende Kohlenstoffbilanz sind wichtige Kenngrössen, die regelmässig im Rahmen internationaler Verpflichtungen wie dem Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (SR 0.814.011) oder für die internationalen Waldzustandsbeurteilungen der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) und der Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa (Forest Europe) berichtet werden müssen.

Der in einem Baum gespeicherte Kohlenstoff (C) ergibt sich aus dessen Biomasse und dem Kohlenstoffgehalt. Basierend auf der allgemeinen Annahme eines mittleren Kohlenstoffgehaltes von 50% sind in den lebenden (145 Mio. t C) und toten Bäumen (10 Mio. t C) im Schweizer Wald gesamthaft rund 155 Mio. t C bzw. 129 t C/ha gespeichert. Dieser Wert basiert auf der Biomasse der lebenden Bäume (Tab. **099**) und des Totholzes (Tab. **102**).

Im Vergleich zum LFI3 (Cioldi *et al.* 2010) ist der in den lebenden Bäumen und im Totholz gebundene Kohlenstoffvorrat um ca. 4% gestiegen (nicht dargestellt). Die Zunahme des Vorrats bzw. des Gesamtholzvolumens (vgl. Kap. 2.3) und in geringerem Masse die Waldzunahme (vgl. Kap. 2.1) tragen zu dieser positiven Bilanz bei. Für den gesamten Kohlenstoffvorrat des Schweizer Waldes müsste man allerdings auch den Waldboden mitsamt seiner organischen Auflage berücksichtigen.

WSL/LFI4

102 Biomasse im Totholz nach Erhebungsmethode und Nadel- und Laubholz

in Mio. t und 1000 kg/ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

		Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz			
		Mio. t	± %	Mio. t	± %	Mio. t	± %	Mio. t	± %	Mio. t	± %	Mio. t	± %	1000 kg/ha	± %
Biomasse in stehenden Bäumen	Nadelholz	0,50	11	0,52	10	1,22	9	2,11	6	0,32	14	4,66	4	3,88	4
	Laubholz	0,29	13	0,35	15	0,25	15	0,33	12	0,75	10	1,95	6	1,62	6
	Total	**0,79**	**8**	**0,86**	**9**	**1,46**	**8**	**2,43**	**6**	**1,07**	**8**	**6,61**	**3**	**5,50**	**3**
Biomasse in liegenden Bäumen	Nadelholz	0,40	12	0,26	13	1,20	11	2,97	6	0,55	16	5,36	4	4,46	4
	Laubholz	0,34	15	0,44	16	0,28	16	0,38	13	0,52	12	1,95	6	1,63	6
	Total	**0,73**	**9**	**0,70**	**11**	**1,48**	**10**	**3,35**	**5**	**1,07**	**10**	**7,33**	**4**	**6,09**	**4**
Biomasse im LIS-Totholz		1,05	6	1,15	7	1,44	9	2,14	6	0,58	11	6,36	3	5,29	3
Total		**2,58**	**5**	**2,66**	**5**	**4,49**	**5**	**7,97**	**4**	**2,64**	**6**	**20,34**	**2**	**16,92**	**2**



Das LFI erhebt Informationen zu physikalischen Belastungen des Waldbodens sowie zu Schäden an Bäumen und Baumbeständen. Im LFI4 wurden auf knapp 1% der Probeflächen starke Bodenstörungen beobachtet, wobei diese weitgehend in Rückegassen oder Maschinenwegen anzutreffen waren. Der Anteil toter Bäume hat leicht zugenommen und beträgt neu 11%. Bei den Probebäumen ab 12 cm BHD sind flächige Rindenverletzungen an Stamm und Wurzelanlauf die häufigsten Schäden, im Jungwald ist es der Verbiss. Seit dem LFI2 hat die Verbissintensität an den ökologisch wichtigen Baumarten Tanne und Eiche schweizweit stark zugenommen und beträgt mittlerweile 21% beziehungsweise 32%. Der Anteil geschädigter Waldbestände ist seit dem LFI3 stabil geblieben, die Flächenschäden dagegen haben deutlich abgenommen.

Meinrad Abegg, Markus Huber, Christoph Düggelin

3 Gesundheit und Vitalität

Die Begriffe Gesundheit und Vitalität sind nicht leicht auf Wälder zu übertragen. Ein gesunder Wald darf beziehungsweise soll durchaus tote Bäume aufweisen. Denn obwohl tote Bäume nicht als vital bezeichnet werden können, spielen sie für das Ökosystem Wald eine wichtige Rolle. Dieses Kapitel befasst sich einerseits mit physikalischen Belastungen des Waldbodens, sei das durch Fahrzeuge bei der Holzernte, Beweidung durch Nutztiere oder Erholungsaktivitäten von Menschen. Andererseits werden Schäden an Bäumen wie Wildverbiss an jungen oder Stammverletzungen an ausgewachsenen Bäumen dargestellt. Zusätzlich liefert das Kapitel auch Informationen über Schäden an Baumbeständen und deren Stabilität gegenüber Störungen. Das LFI kann hingegen keine Angaben über Luftschadstoffe und den Nährstoffhaushalt im Boden machen, welche weitere Aspekte der Waldgesundheit darstellen.

3.1 Bodenzustand

- **Im LFI4 wurden auf knapp 1% der Probeflächen starke Bodenstörungen beobachtet, wobei diese weitgehend in Rückegassen oder Maschinenwegen anzutreffen waren.**
- **Durch Holzerntefahrzeuge verursachte Fahrspuren kommen auf 5% der LFI-Probeflächen vor, mit einem Schwerpunkt im Mittelland. Der Grossteil der Fahrspuren befindet sich in Rückegassen oder auf Maschinenwegen.**
- **Der Anteil der Probeflächen mit Spuren von Beweidung beträgt schweizweit 10% und ist in allen Regionen geringer als noch im LFI3.**
- **Der Anteil der Probeflächen mit starker menschlicher Beeinflussung liegt bei 6%, ist aber im Mittelland mit 13% deutlich höher.**

WSL/LFI4



Das Befahren der Waldböden kann Verdichtungen zur Folge haben; Vordemwald AG.

Der Boden ist als Wuchs- und Verankerungsort sowie Nährstoff- und Wasserspeicher für Waldökosysteme von zentraler Bedeutung. Gesetzliche Vorschriften zum Bodenschutz sind insbesondere im Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 7. Oktober 1983 (SR 814.01), in der Verordnung über Belastungen des Bodens vom 1. Juli 1998 (SR 814.12) und der Waldverordnung vom 30. November 1992 (SR 921.01) enthalten. Die Gesetzgebung zielt auf einen Schutz des fruchtbaren Bodens gegen physikalische, biologische und chemische Belastungen. Im LFI werden Spuren physikalischer Beeinträchtigungen des Waldbodens erfasst, nicht aber biologische oder chemische Belastungen. Dabei stehen durch Holzerntefahrzeuge verursachte Bodenverdichtungen im Vordergrund. Andere menschliche Tätigkeiten im Wald wie Erholungsaktivitäten, das Ablagern von Material oder das Errichten von Bauten, Anlagen und Entwässerungen beeinflussen die natürliche Bodenstruktur ebenfalls. Auch die Beweidung durch Vieh kann den Boden belasten und wird deshalb in diesem Kapitel behandelt.

Bodenschäden

Die Holzernte hinterlässt Spuren auf dem Waldboden, auch wenn sie sorgfältig ausgeführt wird. Negative Auswirkungen hat sie aber nur bei unprofessioneller Ausführung. Bleibende Schäden ergeben sich hauptsächlich beim Einsatz von schweren Erntemaschinen unter nassen Verhältnissen auf verdichtungsempfindlichen Böden. Es können Radspuren zurückbleiben, in deren Bereich nicht nur das Wurzelwerk der Bäume verletzt, sondern auch die Struktur des Oberbodens zerstört, der Boden verdichtet und dadurch die Belüftung und der Gasaustausch im Boden verringert ist (Lüscher *et al.* 2016).

Über die ganze Schweiz wurden auf knapp 5% der Probeflächen deutlich erkennbare Fahrspuren beobachtet. Im Mittelland ist dieser Anteil mit 13% wesentlich höher (Tab. **103**). Der Grund liegt darin, dass die Wälder im Mittelland anders als in den anderen Regionen mehrheitlich im befahrbaren Gelände liegen (vgl. Kap. 2.2) und daher Erntefahrzeuge eingesetzt werden können (vgl. Kap. 4.3). Im LFI gilt der Boden dann als stark gestört, wenn zum Zeitpunkt der Aufnahme der Probefläche die Fahrspur mindestens 10 cm tief ist und das Fahrzeug die Struktur und den Aufbau des Oberbodens stark verändert hat. Gemäss Lüscher *et al.* (2016) kann davon ausgegangen werden, dass eine derartige Störung die Bodenfruchtbarkeit erheblich und langfristig schädigt, was auch Konsequenzen hinsichtlich Verjüngung und Aufwachsen der standortgerechten Vegetation hat. Im LFI4 wurden starke Störungen auf etwas weniger als 1% der Probeflächen beobachtet.

Der Grossteil der auf den Probeflächen des LFI4 beobachteten Fahrspuren (86%) befand sich in Rückegassen oder auf Maschinenwegen (nicht dargestellt). Der Waldboden wird also meistens nur auf den in der Holzernteplanung dafür vorgesehenen Stellen des Bestandes befahren. Seit dem LFI3 haben Probeflächen mit beobachteten Störungen deutlich zugenommen, wobei die mittleren und starken Störungen im Jura und im Mittelland häufiger auftraten (nicht dargestellt).

WSL/LFI4

103 **Anteil Probeflächen mit Bodenstörung**

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Bodenstörung	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
leicht	5,2	0,7	7,1	0,8	2,7	0,5	0,3	0,1	0,4	0,2	2,9	0,2
mittel	1,7	0,4	4,1	0,6	0,5	0,2	0,2	0,1	0,0	*	1,2	0,1
stark (langfristig)	1,7	0,4	1,6	0,4	0,6	0,2	0,0	*	0,0	*	0,7	0,1
Total	**8,6**	**0,9**	**12,9**	**1,0**	**3,7**	**0,6**	**0,5**	**0,2**	**0,4**	**0,2**	**4,8**	**0,3**

* Schätzfehler nicht berechenbar

Beweidung

Das LFI erfasst Spuren von Beweidung aufgrund von aktuellen Trittsiegeln von Vieh und Weideeinrichtungen. Auf 10% der Probeflächen wurden solche Spuren festgestellt (Tab. **104**). Im Mittelland (1%) ist der Anteil geringer als in den anderen Regionen (9–15%). In allen Regionen weisen die Spuren in mehr als der Hälfte der Fälle auf eine intensive und aktuelle Beweidung hin; das heisst, das Vieh weidete in der laufenden oder der vorigen Saison flächenhaft im Wald. Der Anteil Probeflächen mit intensiv aktueller Beweidung hat seit dem LFI3 im Jura und im Mittelland und damit auch in der Schweiz zugenommen (nicht dargestellt).

Andere menschliche Beeinflussung von Standort und Bestand

Strassenbau, Holznutzung und Waldweide sind, abgesehen von Schadstoffeinträgen, die wichtigsten menschlichen Einflussfaktoren im Wald. Andere intensive menschliche Tätigkeiten im Wald (z. B. Erholungsnutzung) werden im LFI unter dem Titel «Störung» erfasst, sofern sie zu bedeutenden Schäden an Bäumen führen oder die Verjüngung und die Bodenvegetation auf über 10% der Interpretationsfläche zerstören. Als «Überbelastung» werden ausser Waldstrassen Bauten jeglicher Art, Deponien (wilde Ablagerungen von Abfällen, Gartenabraum, Bauschutt) und Entwässerungen erfasst.

Gesamtschweizerisch ist knapp 1% der Probeflächen durch eine intensive Erholungsnutzung beeinträchtigt, und 5% weisen Entwässerungen, Deponien oder Bauten auf (Tab. **105**). Der Anteil an Probeflächen mit Überbelastungen und Störungen ist im Mittelland mit 13% deutlich grösser als in den anderen Regionen (3–8%), was unter anderem mit der höheren Bevölkerungsdichte zu tun hat. Der Anteil Probeflächen mit Deponien waldfremder Materialien, zum Beispiel Gartenabraum, Bauschutt oder Abfälle, ging zwischen LFI3 und LFI4 tendenziell zurück (nicht dargestellt).



Auf 1,4% der Probeflächen wurden wilde Deponien beobachtet; Froideville VD.

WSL/LFI4

104 Probeflächen nach Beweidungsintensität

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Beweidungsintensität	Jura		Mitteland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
intensiv beweidet mit aktuellen Spuren	10,0	0,9	1,0	0,3	6,8	0,7	11,6	0,7	4,5	0,7	7,5	0,3
übrige Beweidungsspuren	1,8	0,4	0,4	0,2	3,8	0,6	3,0	0,4	4,2	0,7	2,6	0,2
keine Beweidung	88,2	1,0	98,6	0,3	89,4	0,9	85,4	0,8	91,3	1,0	89,9	0,4
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	
Probeflächenanteil mit Beweidungsspuren[1]	11,8	1,0	1,4	0,3	10,6	0,9	14,6	0,8	8,7	1	10,1	0,4

[1] Beweidungsprozent

105 Probeflächen nach menschlicher Beeinflussung des Bestandes oder des Standorts

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
Beeinflussung des Bestandes durch:	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
Erholung	0,7	0,3	1,7	0,4	0,5	0,2	0,4	0,1	0,9	0,3	0,8	0,1
Bautätigkeit, Militär, Jagd usw.	0,3	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,2	0,2	0,1
Total	**1,0**	**0,3**	**2,0**	**0,4**	**0,6**	**0,2**	**0,5**	**0,2**	**1,3**	**0,4**	**1,0**	**0,1**
Beeinflussung des Standorts durch:												
Deponie	0,8	0,3	2,4	0,5	1,6	0,4	1,0	0,2	1,4	0,4	1,4	0,2
nicht unterhaltene Entwässerung	0,4	0,2	7,0	0,7	4,4	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	2,3	0,2
unterhaltene Entwässerung	0,0	*	0,3	0,2	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
Bauten[1]	1,2	0,3	0,9	0,3	1,1	0,3	1,8	0,3	1,2	0,4	1,3	0,1
Total	**2,4**	**0,5**	**10,6**	**0,9**	**7,5**	**0,8**	**3,1**	**0,4**	**2,9**	**0,6**	**5,2**	**0,3**
keine Beeinflussung	96,6	0,6	87,4	1,0	92,0	0,8	96,4	0,4	95,8	0,7	93,8	0,3
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

[1] ohne Waldstrassen
* Schätzfehler nicht berechenbar

3.2 Baumschäden

- **Beim Jungwald ist der Verbiss des Gipfeltriebes durch Schalenwild weiterhin der häufigste Schädigungsfaktor. Daneben spielen auch Schneegleiten, Rutschungen und Steinschlag eine Rolle.**
- **Die Verbissintensität der sehr wichtigen Tanne hat deutlich zugenommen und liegt mit 21% mittlerweile massiv über dem Richtwert von 9%. Bei der Eiche hat sich die Verbissintensität seit dem LFI2 noch stärker erhöht. Mit 32% ist die Eiche die am häufigsten verbissene Hauptbaumart.**
- **Der Anteil der toten Bäume ab 12 cm BHD nahm seit dem LFI3 um zwei Prozentpunkte zu und beträgt heute 11% der Gesamtstammzahl.**
- **Rund 70% der Bäume ab 12 cm BHD weisen keine sichtbaren Schäden auf. Rindenverletzungen sind landesweit der häufigste Schaden an lebenden Bäumen ab 12 cm BHD (12%).**
- **Bei der Esche hat der Anteil geschädigter und toter Bäume sowohl im Jungwald als auch bei den Bäumen ab 12 cm BHD seit dem LFI3 zugenommen, vermutlich aufgrund des Eschentriebsterbens.**

WSL/LFI4

Die in diesem Kapitel behandelten Baummerkmale werden in Analogie zum Sprachgebrauch von Forest Europe vereinfachend als «Schäden» bezeichnet, obwohl sie sich teilweise weder auf den Wald als Ökosystem noch auf dessen Leistungen auswirken, also nicht immer negativ zu bewerten sind.

Schäden am Jungwald

Bäume mit einem BHD von weniger als 12 cm, aber mit einer Höhe von mindestens 10 cm werden im LFI als Verjüngung aufgenommen. Dabei werden zwei Verfahren angewendet. Beim ersten wird die dem Jungwald-Probeflächenzentrum jeweils nächste Jungwaldpflanze von vier Grössenklassen auf verschiedene Schäden (z. B. Verbiss, Krankheit, Gipfeldürre, Holzernteschaden) abgesucht. Dieses Verfahren liefert die jeweilige Waldfläche, die am nächsten zu Jungwaldpflanzen mit gleichen Merkmalen liegt. Beim zweiten werden alle Bäume der Verjüngung auf einer der Grössenklasse angepassten Kreisfläche gezählt und bezüglich eines Gipfeltriebverbisses beurteilt. Dieses Verfahren liefert Stammzahlen der Verjüngung. In beiden Fällen werden die Daten aber nur auf Waldprobeflächen erhoben, bei denen auch Verjüngung möglich ist, so sind zum Beispiel Waldstrassen, Bäche und Ähnliches von der Aufnahme ausgenommen.

Auf 69% der Waldfläche wurden keine Jungwaldpflanzen mit Schäden festgestellt (Tab. **106**). Bei den geschädigten Jungwaldpflanzen (Flächen) sind viele mehrfach geschädigt. Die Summe der Waldflächenanteile entspricht deshalb nicht dem Anteil Waldfläche mit geschädigten Jungwaldpflanzen. Im Jungwald bis 1,3 m Höhe ist Gipfeltriebverbiss durch Wildhuftiere mit 20% der häufigste Schädigungsfaktor. Auf 17% der Waldfläche wurden die Jungwaldpflanzen durch Schneegleiten, Rutschungen, Steinschlag, Erosion sowie weitere, nicht genau spezifizierte Ursachen geschädigt. Auf 3% der Waldfläche wiesen Jungwaldpflanzen Gipfeldürre auf. Gipfeldürre ist ein Symptom, das mehrere Ursachen haben kann, darunter Verbiss und



Bei der Tanne und der Eiche hat die Verbissintensität stark zugenommen; Riehen BS.

Fegen, aber auch Pilzkrankheiten oder ungünstige Wachstumsbedingungen. Die übrigen Schadenbilder (Fegen und Schälen, Holzernteschaden, Pilzkrankheiten) wurden jeweils auf maximal 2% der Waldfläche festgestellt. Fegen und Schälen wurden im LFI4 im Rahmen eines einzigen Merkmals erhoben, weshalb sich die beiden Schadenarten im Nachhinein nicht voneinander trennen lassen. Es ist aber davon auszugehen, dass bei den Grössenklassen unter 1,3 m Höhe eher Fegeschäden gefunden wurden. Umgekehrt werden es bei den grösseren Bäumchen eher Schälschäden gewesen sein, besonders mit zunehmender BHD-Klasse. Fege- und Schälschäden an Bäumchen unter 1,3 m Höhe wurden auf 7% der Waldfläche mit Lärchen in dieser Jungwaldklasse festgestellt (nicht dargestellt); bei den anderen Hauptbaumarten war der Anteil an Waldfläche mit gefegten (und geschälten) Pflanzen meist kleiner als 3%. Schäl- und Fegeschäden an Bäumchen über 1,3 m Höhe wurden über alle Baumarten hinweg betrachtet auf 3% der Waldfläche festgestellt. Je nach Hauptbaumart betrug der Anteil aber bis zu 10%, zum Beispiel bei der Arve (nicht dargestellt). Bei der Esche waren insgesamt 14% der Waldfläche mit Eschenverjüngung von Krankheiten befallen, in der Klasse über 1,3 m Höhe gar 30% (nicht dargestellt). In den meisten Fällen handelt es sich dabei wohl um das Eschentriebsterben, das durch das Falsche Weisse

106 Anteil Waldfläche mit geschädigten Jungwaldpflanzen nach Schadenart und Jungwaldklasse

in %
Auswertungseinheit: Wald mit Jungwaldaufnahme (= 98,6% des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald)

Schadenart	Jungwald-Höhenklasse				Jungwald-Durchmesserklasse (BHD)		Gesamt	
	10–39 cm		40–129 cm		0–11 cm			
	%	±	%	±	%	±	%	±
gipfeldürr	1,6	0,2	2,8	0,3	4,3	0,2	3,3	0,1
gefegt, geschält	0,1	0,1	1,3	0,2	2,7	0,2	1,8	0,1
Gipfeltriebverbiss[1]	18,2	0,6	20,9	0,6	–		*19,6	0,5
Holzernteschaden	0,6	0,1	1,6	0,2	2,6	0,2	1,9	0,1
Pilzkrankheiten	0,9	0,2	2,2	0,2	2,6	0,2	2,1	0,1
andere Schäden[2]	7,8	0,4	14,8	0,5	22,2	0,5	17,0	0,3
kein Schaden[3]	74,1	0,7	63,2	0,7	69,2	0,5	68,8	0,4

[1] nur erfasst für die Jungwald-Höhenklassen 10–129 cm
[2] Rutschung, Erosion, Steinschlag oder Schneegleiten, Schneedruck oder anderer Schaden
[3] keine der oben genannten Schadenarten
* Durchschnitt der Jungwald-Höhenklassen 10–129 cm

Stengelbecherchen *(Hymenoscyphus fraxineus),* einen aus Ostasien eingeschleppten Pilz, ausgelöst wird (Rigling *et al.* 2016). Im LFI3 lag der Anteil an der Waldfläche mit Eschenverjüngung, welcher Krankheitssymptome aufwies, noch bei ca. 1% (nicht dargestellt). Über alle Arten hinweg gab es im Vergleich zum LFI3 keine grösseren Veränderungen in der Häufigkeit der Schadenarten an den Jungwaldbäumen beziehungsweise eine leichte Tendenz zur Schadenabnahme (nicht dargestellt).

Die Zählung und Beurteilung der Jungwaldpflanzen auf den Jungwaldprobeflächen liefert Informationen über den **Verbiss durch Wildhuftiere** (Schalenwildverbiss), was bei der Waldverjüngung nach wie vor der häufigste Schaden ist. Übermässiger Gipfeltriebverbiss kann die Verjüngung verzögern oder deren Baumartenzusammensetzung verändern (Kupferschmid *et al.* 2019). Er ist in erster Linie in Beständen von Bedeutung, deren Verjüngung schon im Gange ist. Mit dem Begriff «Verjüngungsbestände» sind Jungwüchse und Dickungen, Bestände mit Verjüngung unter Schirm und plenterartiger Hochwald gemeint. In diese Kategorie fallen rund 20% des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald. Da sich aber der Anteil verbissener Pflanzen in den Verjüngungsbeständen und im gesamten zugänglichen Wald ohne Gebüschwald nur unwesentlich unterscheidet (nicht dargestellt), beziehen sich die folgenden Auswertungen auf den zugänglichen Wald ohne Gebüschwald. Als Indikator für die Verbissbelastung wird die Verbissintensität verwendet (Eiberle und Nigg 1987; Odermatt 2018). Das ist der Anteil der Pflanzen mit im Vorjahr verbissenem Gipfeltrieb an der Gesamtzahl mit einer Höhe von 10 bis 129 cm. Die so bestimmte Verbissintensität ermöglicht den Vergleich mit den Richtwerten für eine kritische Verbissintensität (Eiberle und Nigg 1987). Übersteigt die Verbissintensität die Richtwerte (kritische Verbissintensität), ist über mehrere Jahre mit verbissbedingter Mortalität zu rechnen. Um die Verbissintensität möglichst genau schätzen zu können, wurden im LFI4 die Jungwaldpflanzen je Grössenklasse, Baumart und Verbisszustand des Vorjahrestriebes innerhalb der Jungwald-Probeflächen gezählt. Die auf der Basis dieser Daten ermittelten Verbissintensitäten können sich methodenbedingt von denen, die aus der Erhebung der dem Jungwald-Probeflächenzentrum nächstgelegenen Bäumchen abgeleitet wurden, unterscheiden. Da im LFI3 keine Pflanzenzählung nach Verbisszustand durchgeführt wurde, werden im Folgenden auch keine Vergleiche zu dieser Inventur gezogen, sondern es wird mit dem Zustand im LFI2 verglichen. Aber aufgrund einer anderen Ansprache der Verbissspuren (zwei versus eine sichtbare Knospenspur) wurde die Verbissintensität im LFI2 im Vergleich zur LFI4-Methode überschätzt. Somit können nur Zunahmen der Verbissintensität gesichert festgestellt werden.

Im Mittel über die ganze Schweiz und alle Baumarten beträgt die Verbissintensität 13%. Am höchsten ist sie auf der Alpensüdseite (22%), wo sie deutlich zugenommen hat, und in den Alpen (17%; Tab. **107**).

Die Unterschiede zwischen den Baumarten sind jedoch gross. Am häufigsten verbissen wird die Eiche, deren Verbissintensität mit 32% sehr hoch liegt. Auffällig ist auch, dass im LFI2 die Verbissintensität noch deutlich geringer war (nicht dargestellt). Die zweithöchste Verbissintensität weisen mit 27% die übrigen Laubhölzer auf, darunter insbesondere die Vogelbeere (36%) und die Aspe (27%) (nicht dargestellt). Die Kastanie wird ebenfalls stark verbissen (24%), und auch bei dieser Baumart gab es eine starke Zunahme der Verbissintensität seit dem LFI2 (nicht dargestellt). Esche und Ahorn werden zwar auch relativ häufig verbissen (14% beziehungsweise 19%), die Verbissintensität liegt aber ausser beim Ahorn in den Alpen unter dem Richtwert nach Eiberle und Nigg (1987; Esche: 35%, Ahorn: 30%). Im Fall des Ahorns in den Alpen liegt die Verbissintensität im Bereich des Richtwertes. Beide Baumarten verjüngen sich reichlich, wie die entsprechenden mittleren Pflanzendichten von 4300 Stk./ha beim

Ahorn und 4600 Stk./ha bei der Esche zeigen (Kap. 2, Tab. **067**). Beim Betrachten der Wirtschaftsregionen (Abb. **108**) offenbart sich jedoch, dass der Ahorn in der Region Alpen Südost deutlich häufiger verbissen wird (47%) bei relativ niedriger Jungwaldstammzahl. Bei der Esche findet sich die höchste Verbissintensität in der Region Alpen Nordwest (37%), auch hier bei relativ niedriger Jungwaldstammzahl.

Unter den Nadelbäumen wird die Tanne am häufigsten verbissen (21%; Tab. **107**), bei einer Pflanzenzahl in der Jungwald-Höhenklasse 10–129 cm von landesweit rund 900 Stk./ha (Kap. 2, Tab. **067**). Im LFI2 betrug die Verbissintensität bei der Tanne noch etwa die Hälfte bei etwa annähernd grosser Pflanzenzahl (nicht dargestellt). Die kritische Verbissintensität von 9% wird bei der Tanne in allen Regionen ausser auf der Alpensüdseite stark überschritten. Besonders gravierend ist die Situation in den Alpen, wo gleichzeitig auch die Jungwaldstammzahl relativ gering ist. Die anderen Nadelbaumarten sind deutlich weniger von Verbiss betroffen. Besonders bei der Fichte ist der Verbiss unproblematisch, denn er liegt mit etwas mehr als 2% im landesweiten Durchschnitt und einer Bandbreite von 1 bis 3% in den Produktionsregionen deutlich unter dem Richtwert von Eiberle und Nigg (1987) von 12%. Ein Blick auf die Wirtschaftsregionen zeigt jedoch, dass die Verbissintensität in der Region Jura Ost mit 25% deutlich davon abweicht (Abb. **108**). Die statistische Unsicherheit ist allerdings gross.

107 **Anteil verbissener Pflanzen der Jungwald-Höhenklassen 10–129 cm nach Hauptbaumart**

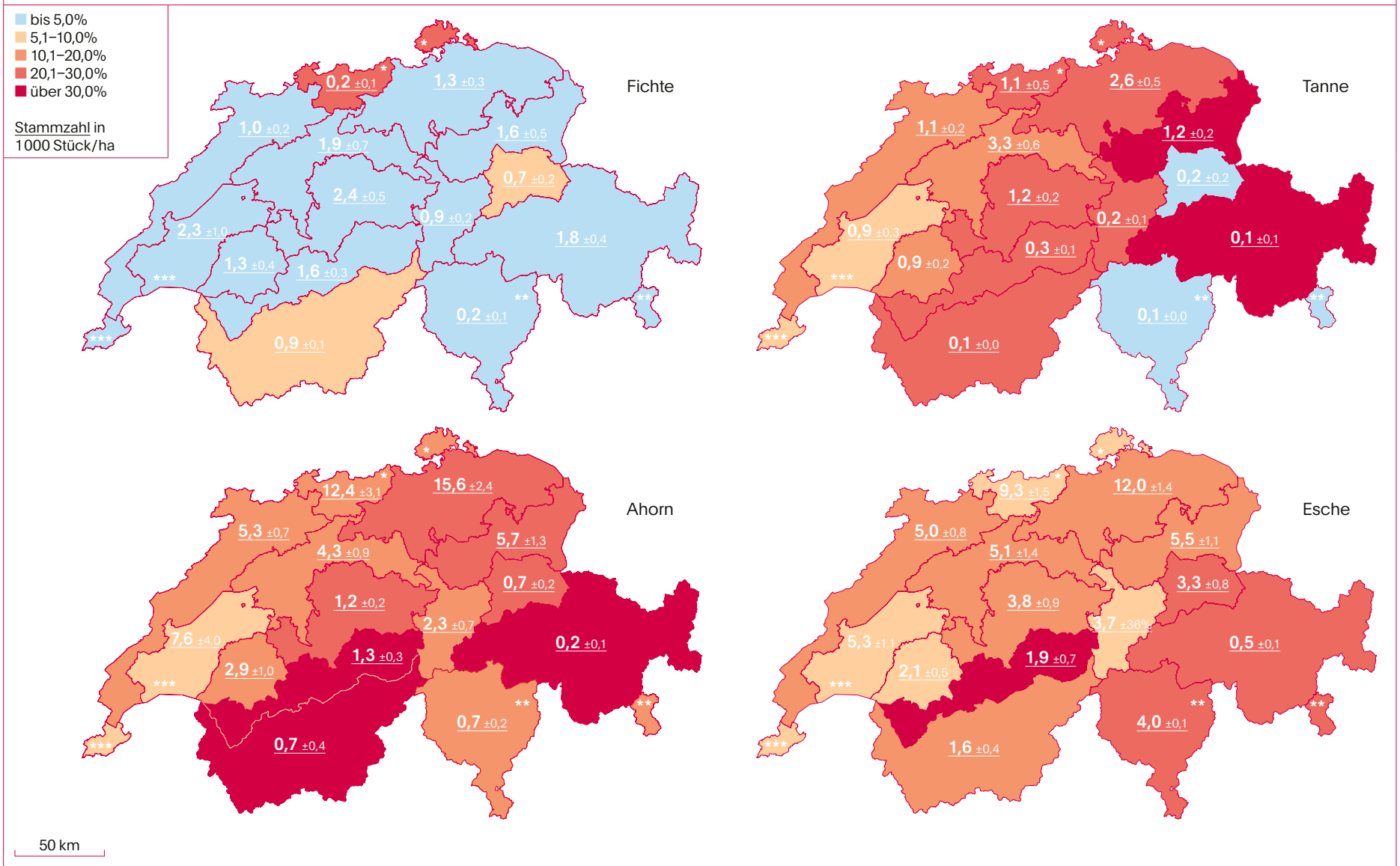
in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Wald mit Jungwaldaufnahme im LFI4 (= 98,6% des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald)

Hauptbaumart	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
Fichte	2,0	1,0	0,7	0,4	3,1	1,4	3,4	0,8	2,1	1,6	2,4	0,5
Tanne	14,6	3,0	19,2	3,1	26,9	4,2	29,0	10,0	3,4	3,5	20,5	2,1
Föhre	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	2,3	0,0	0,0	3,5	1,8
Lärche	0,0	*	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	2,4	7,7	4,5	8,7	2,1
Arve	0,0	*	0,0	*	0,0	*	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0
übrige Nadelhölzer	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Buche	3,8	0,7	2,3	0,4	2,0	0,5	7,4	2,4	8,5	5,1	3,5	0,4
Ahorn	17,5	1,8	17,4	3,2	21,4	2,6	33,0	3,4	17,8	4,9	18,9	1,7
Esche	11,9	1,6	11,3	1,3	13,6	2,1	21,8	3,5	22,8	6,6	14,4	1,1
Eiche	30,5	10,2	41,3	15,3	0,0	0,0	20,5	6,7	7,7	4,7	31,6	8,7
Kastanie	0,0	0,0	26,6	2,1	0,0	*	100,0	0,0	20,6	6,1	23,6	4,5
übrige Laubhölzer	27,9	3,0	10,8	2,2	31,8	3,7	30,7	2,7	38,5	5,4	26,8	1,6
Gesamt	**10,6**	**1,0**	**11,5**	**1,4**	**13,1**	**1,1**	**17,2**	**1,7**	**21,7**	**4,4**	**12,7**	**0,7**

* Schätzfehler nicht berechenbar

108 Anteil verbissener Pflanzen und Stammzahlen der Jungwald-Höhenklassen 10–129 cm

Auswertungseinheit: Wald mit Jungwaldaufnahme (=98,6% des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald)



*/**/***gleiche Wirtschaftsregion

WSL/LFI4

109 Gesamtstammzahl nach Schadensituation

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Schadensituation	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz		Tieflagen		Hochlagen	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
kein sichtbarer Schaden	73,9	0,7	79,5	0,6	70,2	0,8	65,0	0,6	60,8	1,1	69,2	0,3	70,9	0,5	67,7	0,5
ein sichtbarer Schaden	13,4	0,5	11,1	0,4	13,5	0,5	15,0	0,3	16,8	0,6	14,1	0,2	13,8	0,3	14,3	0,3
zwei oder mehr sichtbare Schäden	4,7	0,3	3,0	0,2	4,8	0,3	5,8	0,2	7,8	0,4	5,3	0,1	5,3	0,2	5,2	0,2
tote oder liegende Bäume[1]	8,0	0,4	6,3	0,3	11,5	0,5	14,2	0,4	14,6	0,7	11,5	0,2	10,0	0,3	12,8	0,3
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

[1] inklusive liegender grüner Bäume

110 Stammzahlanteile wichtiger Schadenbilder

in % der Gesamtstammzahl pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Schadenbilder[1]	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
kein sichtbarer Schaden	73,9	0,7	79,5	0,6	70,2	0,8	65,0	0,6	60,8	1,1	69,2	0,3
freigelegter Holzkörper	12,9	0,6	8,5	0,4	11,5	0,6	11,6	0,4	16,7	0,7	12,0	0,2
Riss, Leiste	0,1	0,0	0,3	0,1	0,4	0,1	0,6	0,1	0,8	0,1	0,5	0,0
Schaftbruch	1,0	0,1	0,8	0,1	0,9	0,1	1,0	0,1	1,5	0,2	1,0	0,1
Kronenverlichtung >50%	0,3	0,1	0,4	0,1	0,3	0,1	0,4	0,1	1,6	0,3	0,5	0,1
Gipfeldürre	1,1	0,1	0,7	0,1	0,7	0,1	0,6	0,1	2,9	0,3	1,1	0,1
Krebs	0,8	0,1	0,6	0,1	0,9	0,1	0,6	0,1	0,7	0,1	0,7	0,0
Rindennekrose	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Einschluss	0,8	0,2	0,2	0,1	1,2	0,2	0,7	0,1	0,7	0,1	0,7	0,1
Harzfluss	2,2	0,2	3,3	0,2	3,6	0,2	6,9	0,3	1,9	0,2	4,2	0,1
diverse Schäden[2]	1,1	0,1	0,8	0,1	1,0	0,1	1,4	0,1	1,8	0,2	1,2	0,1
liegend grüne Bäume	0,2	0,0	0,2	0,0	0,4	0,1	1,1	0,1	0,8	0,1	0,6	0,1
tote Bäume[3]	7,8	0,4	6,1	0,3	11,1	0,5	13,0	0,4	13,8	0,7	10,8	0,2

[1] am selben Stamm können verschiedene Schadenbilder vorkommen, wovon höchstens zwei erhoben wurden
[2] abgebrochene oder abgesägte Hauptäste/Zwiesel, Insekten, Pilze, Hexenbesen, Vogelschäden
[3] Dürrständer oder liegende tote Bäume



WSL/LFI4

Freigelegte Holzkörper sind das bei Weitem häufigste Schadenbild; Gempen SO.

Schäden an Bäumen

Bei Probebäumen ab 12 cm BHD wird angesprochen, ob die Bäume lebend oder tot sind und ob sie stehen oder liegen. Bei allen lebenden Bäumen werden maximal zwei «Schäden» erfasst und beschrieben. Als Schaden gelten dabei alle Verletzungen und Krankheiten, die die physiologischen Prozesse eines Baumes stören. Solche Schäden vermindern oft auch den Holzwert. Aus Sicht der Biodiversität können sie aber auch erwünscht sein, weil sie zum Beispiel Holz bewohnenden Insekten ein Habitat bieten. Im LFI werden nur sichtbare Schäden erfasst. Daher bleiben zum Beispiel im Inneren des Stammes versteckte Faulstellen oder ein Insektenbefall im Anfangsstadium unentdeckt. Bei der Interpretation der Anteile der Bäume mit Schäden ist zu berücksichtigen, dass Bäume mit Schäden unterschiedlich lange im Wald verbleiben. Wo Holz genutzt wird, werden geschädigte und tote Bäume oft entfernt. Bei toten Bäumen verläuft der Holzabbau je nach Witterung und Baumart unterschiedlich rasch (Lachat *et al.* 2014), womit tote Bäume unterschiedlich lange als Probebäume erfasst werden.

Im LFI4 sind 69% der Probebäume ungeschädigt, 19% haben mindestens einen sichtbaren Schaden und 12% sind tot oder liegend grün (Tab. **109**). Bäume mit Schäden sind auf der Alpensüdseite (25%) und in den Alpen (21%) häufiger als im Mittelland (14%). Im Vergleich zwischen Hoch- und Tieflagen zeigen sich schweizweit keine deutlichen Unterschiede.

Der Anteil toter Bäume ist regional stark unterschiedlich; auf der Alpensüdseite, in den Alpen und Voralpen ist er fast doppelt so gross wie in den intensiver bewirtschafteten Regionen Jura und Mittelland (Tab. **110**). Seit dem LFI3 hat der Anteil toter Bäume in allen Regionen jährlich um 1 bis 4 Prozent zugenommen, die grössten Zunahmen sind auf der Alpensüdseite und im Jura festzustellen (Tab. **111**).

Unter den **Schadenbildern** sind flächige Rindenverletzungen beziehungsweise freigelegte Holzkörper an Stamm und Wurzelanlauf mit 12% bei Weitem am häufigsten (Tab. **110**). Ihr Anteil hat sich seit dem LFI3 kaum verändert (Tab. **111**). Auf der Alpensüdseite ist der Anteil der Bäume mit Rindenverletzungen am grössten (17%), im Mittelland am kleinsten (9%). Das zweithäufigste Schadenbild, der Harzfluss (4%), kommt in den Alpen (7%) markant häufiger vor als in den anderen Regionen. Dort häufen sich die Ereignisse, welche die Bäume verletzen können, und dort ist auch die Fichte, die zu Harzfluss neigt, am häufigsten. Alle weiteren Schadenbilder wie Schaftbruch, Krebs, Gipfeldürre und Rindennekrose kommen gesamtschweizerisch an weniger als 2% der Bäume vor (**Tab. 110**).

111 **Veränderung der Gesamtstammzahl wichtiger Schadenbilder**

in % pro Jahr und Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

Schadenbilder[1]	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%/Jahr	±	%/Jahr	±	%/Jahr	±	%/Jahr	±	%/Jahr	±	%/Jahr	±
kein sichtbarer Schaden	–0,2	0,2	–0,4	0,2	0,2	0,2	0,5	0,2	0,0	0,2	0,1	0,1
freigelegter Holzkörper	0,0	0,5	–1,7	0,5	–1,2	0,4	–0,3	0,4	1,1	0,6	–0,4	0,2
Riss, Leiste	–10,7	0,3	–7,0	1,2	–3,8	1,6	–2,0	1,6	4,8	3,1	–5,6	0,6
Schaftbruch	–1,5	1,4	–5,6	1,1	–6,4	0,8	–5,1	0,7	–0,5	1,7	–4,4	0,5
Kronenverlichtung >50%	–2,8	2,8	9,8	8,3	–2,7	2,6	–3,7	2,0	7,7	5,8	0,9	1,9
Gipfeldürre	–0,3	1,5	–0,7	2,2	1,3	2,3	–1,7	1,3	4,1	1,9	0,8	0,8
Krebs	–3,8	1,0	–4,1	1,3	–4,2	1,1	–5,3	1,0	–4,1	1,7	–4,4	0,5
Rindennekrose	–10,1	1,4	–7,7	1,7	–10,0	1,6	–12,5	0,7	–12,4	1,2	–10,7	0,7
Einschluss	1,2	2,6	–3,9	2,0	–2,8	1,1	7,5	2,7	0,6	3,0	0,4	1,0
Harzfluss	–2,7	1,0	–2,3	0,8	–2,3	0,9	0,7	0,6	–1,5	1,3	–0,9	0,4
diverse Schäden[2]	4,6	2,7	–1,7	1,6	0,7	2,5	9,7	2,2	3,7	2,5	4,0	1,1
liegend grüne Bäume	7,0	7,8	–1,9	3,0	1,0	3,2	4,1	2,4	7,6	4,7	3,7	1,6
tote Bäume[3]	3,9	0,8	1,1	0,7	0,9	0,5	2,4	0,3	4,0	0,7	2,3	0,2

[1] am selben Stamm können verschiedene Schadenbilder vorkommen, wovon höchstens zwei erhoben wurden
[2] abgebrochene oder abgesägte Hauptäste/Zwiesel, Insekten, Pilze, Hexenbesen, Vogelschäden
[3] Dürrständer oder liegende tote Bäume

Während im Mittelland, im Jura und in den Voralpen zu wesentlichen Teilen der Mensch die Schäden verursacht hat (z. B. im Rahmen der Holzernte oder von Erholungsaktivitäten), sind diese in den Alpen und auf der Alpensüdseite vorwiegend durch Witterung, Steinschlag und andere gravitative Naturereignisse entstanden (Tab. **112**). Auf der Alpensüdseite tritt zusätzlich das Feuer als Schadenursache in Erscheinung, aber auch dort mit einem sehr geringen Anteil von knapp 1%. Schälschäden sind in den Voralpen, Alpen und auf der Alpensüdseite bei 1% der Bäume zwischen 12 und 20 cm BHD festgestellt worden (nicht dargestellt), im Jura und im Mittelland ist der Anteil deutlich geringer. Die Anteile der Schadenursachen haben sich seit dem LFI2, als die Merkmale erstmals in dieser Form aufgenommen worden waren, kaum verändert, einzig die durch Menschen verursachten Schäden (Holzernte und andere) haben abgenommen (Tab. **113**).

Für eine Gesamtbewertung werden die Schäden pro Probebaum nach Anzahl und Bedeutung gewichtet, nach den gleichen Regeln wie schon im LFI1. Dabei erhält jeder Baum einen der **Schädigungsgrade** «keine Schäden festgestellt», «schwach geschädigt», «mässig geschädigt», «stark geschädigt», «sehr stark geschädigt» oder «tot». Die schwach bis sehr stark geschädigten Bäume haben einen Anteil von 19% an der Gesamtstammzahl, die toten einen solchen von 11% (Tab. **114**). Unter den Baumarten ist die Kastanie am stärksten geschädigt. Dabei ist sowohl der Anteil der geschädigten als auch der toten Bäume seit dem LFI2 angestiegen und beträgt auf den gemeinsamen Probeflächen

112 Stammzahlanteile wichtiger Schadenursachen

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Schadenursache	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
Holzernteschaden	2,7	0,2	2,8	0,2	2,2	0,2	0,7	0,1	0,1	0,0	1,5	0,1
Mensch (ohne Holzernteschaden)	1,4	0,2	1,0	0,2	1,7	0,2	0,9	0,1	0,8	0,2	1,1	0,1
Feuer	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,3	0,2	0,0
Steinschlag	2,5	0,4	0,2	0,1	2,5	0,4	4,1	0,3	4,7	0,5	3,0	0,2
Witterung[1]	1,0	0,1	0,9	0,1	1,7	0,2	2,6	0,2	3,3	0,3	2,0	0,1
diverse[2]	2,1	0,2	1,5	0,2	2,0	0,2	2,0	0,1	2,7	0,3	2,0	0,1
unbestimmbar[3]	9,5	0,4	8,2	0,3	9,5	0,3	12,0	0,3	14,2	0,6	10,8	0,2

[1] Wind, Schneelast, Frost, Sonne, Blitz, Trockenheit, Hagel
[2] Rutschung, Erosion, Insekten, Wild, Nagetiere, Nutztiere, Pilze, Bakterien und Viren
[3] ohne Kronenverlichtung

113 Stammzahl wichtiger Schadenursachen nach Inventur

in % der Gesamtstammzahl
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI2/LFI3/LFI4

Schadenursache	LFI2		LFI3		LFI4	
	%	±	%	±	%	±
Holzernteschaden	4,2	0,1	2,0	0,1	1,6	0,1
Mensch (ohne Holzernteschaden)	2,2	0,1	1,5	0,1	1,1	0,1
Feuer	0,4	0,1	0,2	0,0	0,2	0,0
Steinschlag	3,1	0,2	2,8	0,2	2,9	0,2
Witterung[1]	2,8	0,1	2,0	0,1	1,8	0,1
diverse[2]	2,8	0,1	2,4	0,1	2,0	0,1
unbestimmbar[3]	8,3	0,2	11,8	0,2	10,9	0,2

[1] Wind, Schneelast, Frost, Sonne, Blitz, Trockenheit, Hagel
[2] Rutschung, Erosion, Insekten, Wild, Nagetiere, Nutztiere, Pilze, Bakterien und Viren
[3] ohne Kronenverlichtung

mittlerweile 34% beziehungsweise 27% (Abb. **115**). Der Grund für diese hohen Anteile könnte darin liegen, dass es sich bei einem grossen Teil der erfassten Kastanien um relativ dünne Stockausschläge handelt, die dichtebedingt absterben und dann wegen der hohen Dauerhaftigkeit des Holzes noch lange als Totholz im Wald verbleiben. Bei der Föhre ist der Anteil der toten Bäume mit 20% ebenfalls vergleichsweise hoch, und er nimmt seit dem LFI2 stetig zu. Ursache für diesen hohen Anteil könnte die in den Tieflagen des Wallis und des Churer Rheintals festgestellte steigende Mortalität als Folge von zunehmender Trockenheit sein (Etzold *et al.* 2016). Bei der weitaus häufigsten Baumart, der Fichte, sind 19% schwach bis sehr stark geschädigt und 12% tot. Der Anteil der toten Fichten hat seit der Vorinventur leicht zugenommen, der Anteil der geschädigten dagegen leicht abgenommen. Bei der derzeit stark vom Triebsterben gebeutelten Esche hat der Anteil geschädigter und toter Bäume seit dem LFI3 zugenommen. Die Veränderung ist aber weniger stark als bei den Pflanzen im Jungwald (Meier *et al.* 2017). Pionierbaumarten und Arten, die von Naturereignissen (Steinschlag, Murgang usw.) beeinflusste Standorte besiedeln, sind ebenfalls stark gezeichnet, beispielsweise die Salweide, bei der 40% der Bäume geschädigt und 19% tot sind. Auch die Ulmen fallen mit einem hohen Anteil an geschädigten und toten Individuen auf: Bei der Bergulme betrugen die Anteile 15 beziehungsweise 21% (nicht dargestellt).

114 **Gesamtstammzahl nach Schädigungsgrad**

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Schädigungsgrad	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
keine Schäden festgestellt	74,5	0,7	79,9	0,6	70,7	0,8	65,3	0,6	62,2	1,0	69,7	0,3
schwach geschädigt	4,8	0,3	5,1	0,3	6,4	0,3	9,1	0,3	5,6	0,3	6,7	0,1
mässig geschädigt	5,8	0,3	3,7	0,2	5,2	0,3	4,9	0,2	6,0	0,3	5,1	0,1
stark geschädigt	5,5	0,3	4,0	0,3	4,9	0,3	5,1	0,2	8,2	0,5	5,4	0,1
sehr stark geschädigt	1,6	0,1	1,2	0,1	1,7	0,2	2,6	0,2	4,1	0,3	2,2	0,1
tot	7,8	0,4	6,1	0,3	11,1	0,5	13,0	0,4	13,8	0,7	10,8	0,2
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

115 Gesamtstammzahl nach Schädigungsgrad, Hauptbaumart und Inventur

in %
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI2/LFI3/LFI4

		keine Schäden festgestellt	schwach oder mässig geschädigt	stark oder sehr stark geschädigt	toter Baum
Fichte	LFI2	72 ±1	15 ±0	7 ±0	6 ±0
	LFI3	68 ±1	16 ±0	6 ±0	10 ±0
	LFI4	69 ±1	14 ±0	5 ±0	12 ±0
Tanne	LFI2	73 ±1	12 ±0	9 ±0	6 ±0
	LFI3	77 ±1	8 ±0	7 ±0	8 ±0
	LFI4	78 ±1	8 ±0	6 ±0	8 ±0
Föhre	LFI2	72 ±2	8 ±1	9 ±1	11 ±1
	LFI3	70 ±2	7 ±1	7 ±1	16 ±1
	LFI4	67 ±2	6 ±1	7 ±1	20 ±2
Lärche	LFI2	74 ±1	9 ±1	7 ±1	10 ±1
	LFI3	77 ±1	7 ±1	6 ±1	10 ±1
	LFI4	75 ±1	7 ±1	6 ±1	12 ±1
Arve	LFI2	64 ±3	14 ±2	16 ±2	6 ±1
	LFI3	70 ±3	12 ±1	12 ±1	6 ±1
	LFI4	68 ±3	15 ±2	9 ±1	8 ±1
übrige Nadelhölzer	LFI2	65 ±6	12 ±3	19 ±4	4 ±2
	LFI3	62 ±5	11 ±2	20 ±4	7 ±2
	LFI4	61 ±5	9 ±2	21 ±3	9 ±2
Buche	LFI2	75 ±1	15 ±1	8 ±0	2
	LFI3	73 ±1	13 ±1	10 ±0	4 ±0
	LFI4	74 ±1	12 ±1	9 ±0	5 ±0
Ahorn	LFI2	76 ±1	15 ±1	7 ±1	2
	LFI3	76 ±1	11 ±1	10 ±1	3
	LFI4	75 ±1	13 ±1	8 ±1	4 ±0
Esche	LFI2	80 ±1	10 ±1	7 ±1	3
	LFI3	78 ±2	9 ±1	9 ±1	4 ±1
	LFI4	73 ±1	9 ±1	11 ±1	7 ±1
Eiche	LFI2	81 ±2	7 ±1	6 ±1	6 ±1
	LFI3	76 ±2	8 ±1	8 ±1	8 ±1
	LFI4	75 ±2	7 ±1	7 ±1	11 ±1
Kastanie	LFI2	52 ±2	12 ±1	22 ±2	14 ±2
	LFI3	50 ±2	11 ±1	18 ±1	21 ±2
	LFI4	39 ±2	9 ±1	25 ±2	27 ±2
übrige Laubhölzer	LFI2	66 ±1	14 ±1	10 ±1	10 ±1
	LFI3	62 ±1	12 ±1	12 ±1	14 ±1
	LFI4	60 ±1	12 ±1	11 ±1	17 ±1
Alle	LFI2	72 ±0	14 ±0	8 ±0	6 ±0
	LFI3	70 ±0	13 ±0	8 ±0	9 ±0
	LFI4	70 ±0	12 ±0	7 ±0	11 ±0

0% 20% 40% 60% 80% 100%

Schädigungsgrad

WSL/LFI4

3.3 Waldschäden

Der Anteil der geschädigten Bestände beträgt insgesamt 57%, davon sind 8% stark bis sehr stark geschädigt. Letztere haben seit dem LFI3 geringfügig zugenommen.

Flächenschäden wurden im LFI4 nur auf 2% der Probeflächen festgestellt. Die häufigsten Ursachen dafür waren Wind, Schneelast und Insekten.

Bei den Waldschäden richtet das LFI den Blick nicht mehr auf den Einzelbaum, sondern auf den Bestand. Bestimmt werden Waldschäden mithilfe zweier unterschiedlicher Ansätze: 1) des Schädigungsgrads des Bestandes und 2) der sogenannten Flächenschäden. Der Schädigungsgrad des Bestandes wird aus dem Schädigungsgrad der Probebäume (Kap. 3.2) durch Gewichtung mit der Basalfläche berechnet. Für die «Flächenschäden» schätzen die Feldaufnahmegruppen ab, welchen Anteil am Deckungsgrad die seit der Vorinventur abgestorbenen oder lebensbedrohlich geschädigten Bäume auf der Interpretationsfläche einnehmen. Ein Flächenschaden liegt dann vor, wenn der Deckungsgrad dieser Bäume mindestens 10% beträgt. Die Ursache der Flächenschäden wird über die Försterbefragung erhoben.

Schädigungsgrad des Bestandes

Nur 43% der Waldfläche können als schadenfrei gelten (Tab. **116**). Auf 8% der Waldfläche sind die Bestände stark bis sehr stark geschädigt. Am grössten ist der Anteil geschädigter Bestände mit 68% auf der Alpensüdseite, wo die am stärksten geschädigte Baumart, die Kastanie, verbreitet vorkommt (Kap. 2.3). Abgesehen von der Waldform (Niederwald) sind das häufige Auftreten von Steinschlag und weiterer gravitativer Naturgefahren sowie die geringe Nutzung Gründe für diesen hohen Anteil. Zudem bleiben beschädigte oder tote Bäume auf der Alpensüdseite häufiger ungenutzt. Aus den letzten beiden Gründen sind geschädigte Bestände auch in den Alpen (64%) sowie in den Hochlagen (60%) überdurchschnittlich häufig (Tab. **116**). Der Anteil der geschädigten Bestände hat sich auf den gemeinsamen Probeflächen des LFI3 und des LFI4 schweizweit nicht signifikant verändert. Geringfügig zugenommen hat dagegen der Anteil der stark bis sehr stark geschädigten (nicht dargestellt).

116 **Waldfläche nach Schädigungsgrad**

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Wald mit Angaben zum Schädigungsgrad des Bestandes (= 97,3% des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald)

Schädigungsgrad des Bestandes	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz		Tieflagen		Hochlagen	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
unbedeutend	47,3	1,6	57,7	1,5	44,3	1,5	36,2	1,1	31,8	1,7	43,0	0,6	46,6	0,9	39,7	0,9
schwach geschädigt	38,0	1,5	29,9	1,4	36,5	1,5	38,0	1,1	35,5	1,7	35,9	0,6	34,5	0,9	37,1	0,9
mässig geschädigt	11,7	1,0	7,6	0,8	10,9	1,0	15,4	0,8	19,3	1,4	13,0	0,4	12,5	0,6	13,5	0,6
stark bis sehr stark geschädigt	3,0	0,5	4,9	0,6	8,2	0,8	10,4	0,7	13,4	1,2	8,1	0,3	6,4	0,5	9,7	0,5
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

Flächenschäden

Insgesamt wurden im LFI4 auf 2% der Probeflächen Flächenschäden nach Definition LFI festgestellt, in den Alpen und auf der Alpensüdseite mit je 3% etwas mehr. Als Folge der Stürme Lothar und Martin sowie der nachfolgenden Borkenkäferkalamitäten war dieser Anteil im LFI3 deutlich höher und betrug landesweit 10%, im Mittelland 14% und in den Voralpen gar 19% (nicht dargestellt). Dabei waren auch viele Totalschadenflächen zu verzeichnen gewesen (Schwyzer *et al.* 2010). Im LFI4 dagegen beläuft sich auf über der Hälfte der Probeflächen mit Flächenschäden der Deckungsgrad der stark geschädigten oder abgestorbenen Bäume auf maximal 20% der bewaldeten Interpretationsfläche (nicht dargestellt). Die Art der Flächenschäden wird bei der Försterbefragung erhoben. Die nachfolgenden Anteile beziehen sich auf die im Feld festgestellten und in der Försterbefragung bestätigten Flächenschäden. Für etwa einen Drittel derselben waren Wind oder Sturm die Ursache (30%), gefolgt von Schneelast (24%), Insekten (20%), Lawinen (8%) und Phytopathogenen (6%). Letztere sind als Ursache hauptsächlich bei Beständen mit Eschen genannt worden (nicht dargestellt). Andere Schadenursachen, zum Beispiel Trockenheit, Hochwasser oder der Mensch (Bau, Erholungsnutzung, Militär), wurden von den Förstern jeweils nur für weniger als 5% der Flächenschäden angegeben (nicht dargestellt).



Ein Drittel der Flächenschäden im Wald ist durch Wind oder Sturm verursacht; Mettmenstetten ZH.

WSL/LFI4

3.4 Zwangsnutzungen

Die Waldfläche mit Zwangsnutzungen hat sich im Vergleich zu den Vorinventuren fast halbiert.

Jährlich fanden Zwangsnutzungen auf etwas mehr als einem Viertel der Waldfläche mit Eingriffen statt, sie machten aber nur 14% der Nutzung aus.

Insekten (51%) und Windwurf (22%) waren die Hauptursache für Zwangsnutzungen.

Waldfläche und Holzmenge bei Zwangsnutzungen

Als Waldfläche mit einem Eingriff gelten jene Bestände, in denen zwischen LFI3 und LFI4 ein waldbaulicher Eingriff stattfand, zum Beispiel eine Durchforstung oder eine Räumung. Gemäss der Försterbefragung sind zwischen den Aufnahmen des LFI3 und des LFI4 auf etwa 28% (12 900 ha/Jahr) dieser Fläche ein Teil des Holzes als Reaktion auf eine natürliche Störung und nicht gemäss der waldbaulichen Planung genutzt worden (Tab. **117**). Dies ist deutlich weniger als im Zeitraum zwischen LFI1 und LFI3, nämlich nur etwa die Hälfte (nicht dargestellt).

Bezogen auf die Nutzung belief sich der Zwangsnutzungsanteil zwischen LFI3 und LFI4 auf lediglich 14%. Dabei bewegte er sich abgesehen von der Alpensüdseite, wo er bei nur 3% lag, in allen Regionen in einem ähnlichen Bereich (Tab. **118**).

Ursachen von Zwangsnutzungen

Auf 39% der zwischen dem LFI3 und dem LFI4 betroffenen Waldfläche waren Insekten die Hauptursache der Zwangsnutzung (5000 ha/Jahr), auf 29% war es der Wind

WSL/LFI4

117 **Waldfläche mit Eingriffen nach Anteil und Ursache der Zwangsnutzung**

in 1000 ha/Jahr
Auswertungseinheit: Waldfläche mit Eingriffen (=3,9% des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald)

Waldfläche mit Zwangsnutzungen seit LFI3	Insekten		Pilze		Windwurf		Schneelast		Vitalitätsverlust		andere		Total	
	1000 ha/Jahr	± %	1000 ha/Jahr	± %	1000 ha/Jahr	± %	1000 ha/Jahr	± %	1000 ha/Jahr	± %	1000 ha/Jahr	± %	1000 ha/Jahr	± %
Eingriffe mit 1–50% Zwangsnutzungsanteil	1,8	11	0,5	19	2,0	11	0,9	17	0,6	18	0,1	41	6,0	6
Eingriffe mit 51–100% Zwangsnutzungsanteil	3,2	9	0,1	50	1,6	12	1,0	15	0,6	19	0,4	26	6,9	6
Total Eingriffe mit Zwangsnutzungen	**5,0**	7	**0,6**	18	**3,7**	8	**1,9**	11	**1,2**	13	**0,5**	22	**12,9**	4
Eingriffe ohne Zwangsnutzungen													33,8	2
Total mit Eingriffen													**46,7**	2

(3700 ha/Jahr) und auf 15% der Schnee (1900 ha/Jahr; Tab. **117**). Im Vergleich zur Periode davor hat sich die Waldfläche mit windwurfbedingten Zwangsnutzungen um gut zwei Drittel reduziert, diejenige mit insektenbedingten um einen Drittel. Mehr als verdoppelt hat sich dagegen die Fläche der Zwangsnutzungen infolge von Schneelast (nicht dargestellt). Betrachtet man die Nutzungsmenge, so waren Insekten etwa zur Hälfte und Windwürfe etwa zu einem Viertel Ursachen der Zwangsnutzungen. Im Jura, im Mittelland und in den Voralpen verursachten Insekten die meisten Zwangsnutzungen, in den Alpen und auf der Alpensüdseite halten sich Windwürfe und Insekten etwa die Waage (Tab. **118**). Aus den Abbildungen **119** und **120** wird ersichtlich, dass gewisse westliche Landesteile tendenziell etwas stärker von Zwangsnutzungen betroffen waren.



Jährlich fanden auf rund 13000 ha Zwangsnutzungen statt.
Käferholznutzung mit einem Vollernter; Kemmental TG.

WSL/LFI4

118 **Zwangsnutzung nach Ursache**

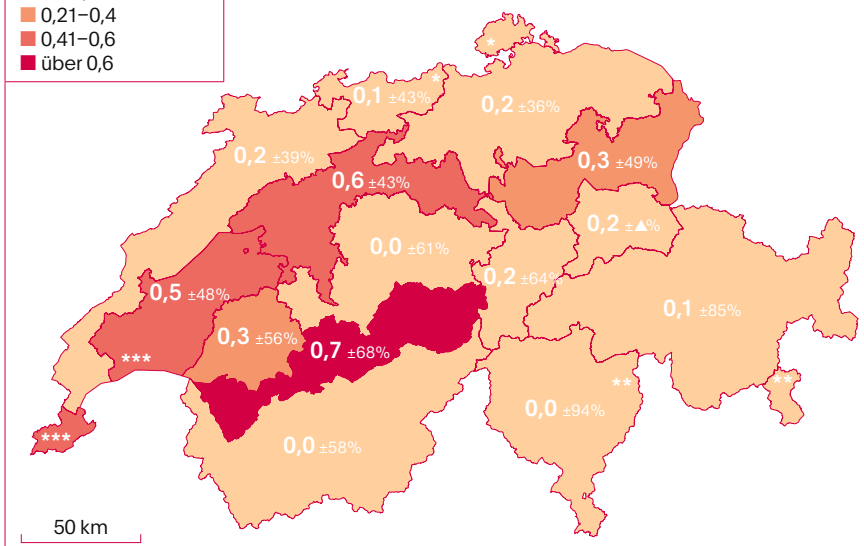
in 1000 m^3/Jahr pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Gesamtfläche

Ursache der Zwangsnutzung	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %
Insekten	79,1	30	276,6	21	125,1	22	67,9	50	1,1	100	537,8	14
Windwurf	43,9	34	85,9	25	34,0	36	66,8	42	1,2	94	233,1	18
Schneelast	13,1	85	32,4	56	17,1	69	26,5	38	1,8	68	89,8	29
Waldbrand	0,0	*	0,0	*	0,0	*	0,0	*	0,0	*	0,0	*
Vitalitätsverlust	30,4	39	24,2	42	5,0	65	0,3	100	0,0	*	61,0	27
übrige	6,6	65	20,0	32	14,9	58	0,8	69	0,0	*	44,4	28
Total	**183,4**	**19**	**430,7**	**14**	**219,2**	**17**	**185,2**	**28**	**4,3**	**48**	**1054,3**	**9**
ungenutzte Mortalität	225,8	9	278,9	10	306,1	10	628,2	7	250,7	10	1674,8	4
Nutzung	1429,9	7	3004,2	5	1826,8	8	950,5	10	134,8	21	7586,6	3
Zwangsnutzungsanteil in %	12,8		14,3		12,0		19,5		3,2		13,9	

* Schätzfehler nicht berechenbar

119 Zwangsnutzung infolge von Windwurf

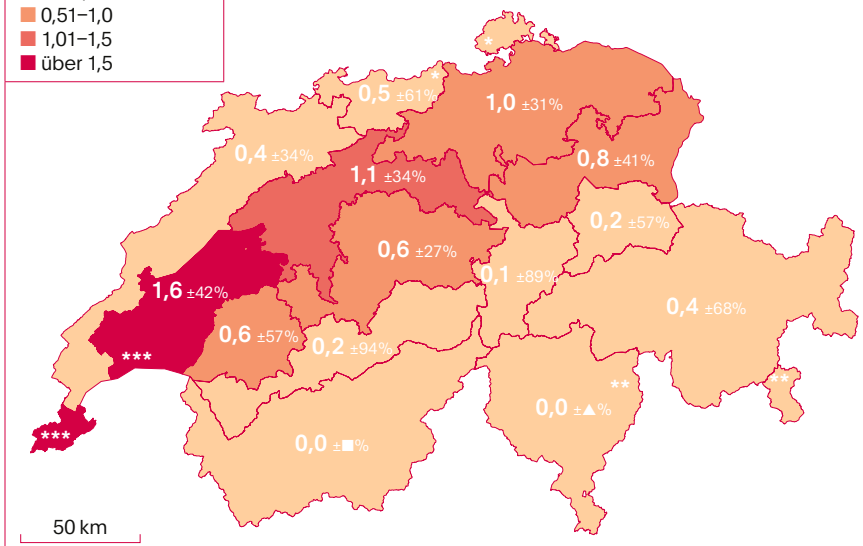
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4



*/**/***gleiche Wirtschaftsregion
▲ Schätzfehler ≥ 100%

120 Zwangsnutzung infolge von Insektenschäden

Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4



*/**/***gleiche Wirtschaftsregion
■ Schätzfehler nicht berechenbar
▲ Schätzfehler ≥ 100%

3.5 Stabilität

Auf 6% der Schweizer Waldfläche wurde die Bestandesstabilität als kritisch eingestuft. Die Hälfte dieser Wälder liegt in den Alpen.

Besonders problematisch sind Bestände mit kritischer Stabilität, die zugleich stark bis sehr stark geschädigt sind. Im LFI4 fallen 16 800 ha Wald in diese Kategorie, was sich seit dem LFI3 nicht signifikant verändert hat.



Lockere Wälder mit gemischter Entwicklungsstufe sind in der Regel stabil; Maienfeld GR.

Stabile Bestände können Wind, Schneedruck und anderen schädigenden Naturereignissen besser widerstehen als labile. Im LFI wird die Bestandesstabilität bereits seit dem LFI1 gutachtlich ermittelt. Um die Zeitreihe zu erhalten, wurde auch im LFI4 wieder auf diese Methode zurückgegriffen, obwohl statistische Modelle existieren, mit denen sich die Bestandesstabilität aus Bestandes- und Standortfaktoren abschätzen lässt. Eine Untersuchung im Rahmen des LFI2 zeigte, dass die gutachtliche Beurteilung der Bestandesstabilität mit der Wahrscheinlichkeit von massiven Flächenschäden korreliert (Herold und Ulmer 2001). Aus methodischen Gründen ist das Merkmal Bestandesstabilität jedoch für einen direkten Vergleich mit Vorinventuren ungeeignet.

Eine Checkliste hilft den Aufnahmegruppen, die wichtigsten Belastungen (Schneelast, Wind, Steinschlag, Brand usw.) auf der Probefläche einzuschätzen. Die Gruppen bewerten sodann das Widerstandspotenzial des vorhandenen Bestandes aufgrund von Merkmalen wie Schlankheitsgrad, Baumartenmischung, Baumvitalität und vorhandenen Schäden/Krankheiten und leiten daraus

ab, wie gross die mechanische Stabilität des Waldes ist. Diese ist ein Mass dafür, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Bestand im Beurteilungszeitraum von zehn Jahren (Jura, Mittelland, Voralpen) beziehungsweise von zwanzig Jahren (Alpen, Alpensüdseite) massive Flächenschäden erleiden wird. Die Werte der Bestandesstabilität liegen zwischen «1» und «10» (90% bzw. 0% Wahrscheinlichkeit von massiven Flächenschäden) und wurden in folgende drei Stabilitätsklassen übersetzt:
– «stabil»: Werte 8, 9, 10
– «vermindert stabil»: Werte 6, 7
– «kritisch»: Werte 1, 2, 3, 4, 5

Die Stabilitätsbeurteilung kann überprüft werden, indem pro Stabilitätsklasse betrachtet wird, wie viel Prozent der Probeflächen bis zur Nachfolgeinventur von Flächenschäden (Kap. 3.3) betroffen waren. Von den im LFI3 als stabil bezeichneten Beständen waren nur etwa 2% von Flächenschäden betroffen. Bei den vermindert stabilen Beständen

121 Waldfläche nach Bestandesstabilität

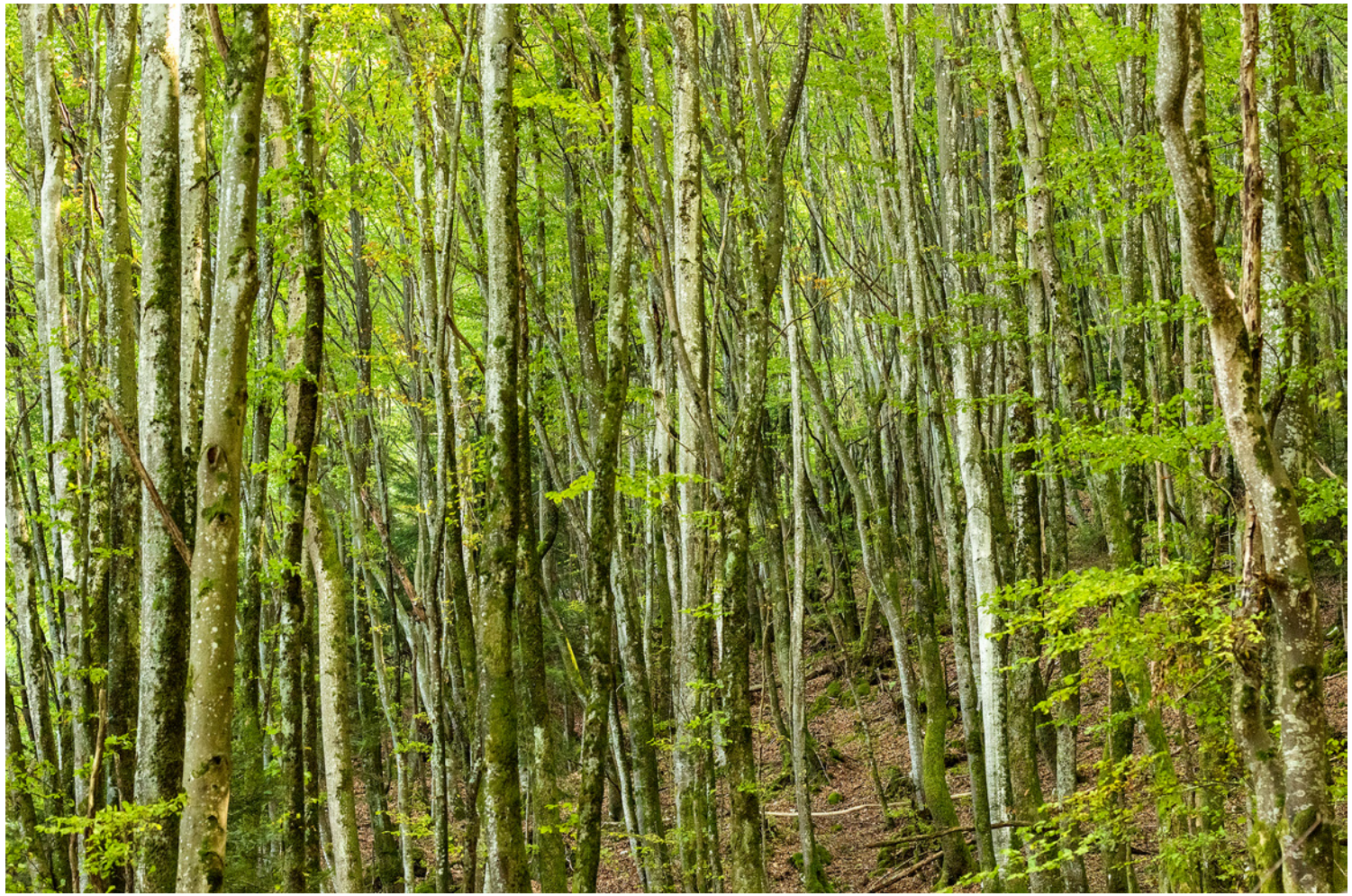
in 1000 ha pro Produktionsregion und Hoch-/Tieflagen
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Bestandesstabilität	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz		Tieflagen		Hochlagen	
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %
stabil	129,8	3	123,1	3	102,1	4	179,8	3	60,1	5	594,9	1	282,8	2	312,1	2
vermindert stabil	67,1	5	98,3	3	106,3	3	180,2	3	86,7	3	538,5	2	266,5	2	272,0	2
kritisch	3,2	25	6,5	17	13,9	12	33,6	7	11,5	13	68,7	5	26,3	9	42,4	7
Total	**200,1**	1	**227,9**	1	**222,3**	1	**393,7**	1	**158,3**	2	**1202,2**	1	**575,6**	1	**626,6**	1

122 Waldfläche nach Bestandesstabilität und Schädigungsgrad

in 1000 ha
Auswertungseinheit: Wald mit Angaben zum Schädigungsgrad des Bestandes (= 97,3% des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald)

Bestandesstabilität	Schädigungsgrad des Bestandes							
	keine Schäden		schwach bis mässig geschädigt		stark bis sehr stark geschädigt		Total	
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %
stabil	308,2	2	245,7	3	26,5	9	580,3	1
vermindert stabil	182,0	3	289,6	2	51,6	6	523,2	2
kritisch	13,0	12	35,9	7	16,8	11	65,7	5
Total	**503,1**	2	**571,2**	1	**94,9**	4	**1169,3**	1



WSL/LFI4

Dichte, junge Laubholzbestände sind anfällig auf Schneedruck; Saint-Gingolph VS.

betrug dieser Anteil 3% und bei den als kritisch beurteilten Beständen 5% (nicht dargestellt). Dieses Ergebnis deutet auf eine Korrelation zwischen der LFI-Stabilitätsansprache und der Schadenanfälligkeit des Bestandes.

Insgesamt ist die Bestandesstabilität gemäss LFI4 auf 68 700 ha oder rund 6% der Waldfläche kritisch (Tab. **121**). Fast die Hälfte dieser Bestände liegt in den Alpen, und jeweils ein Fünftel liegt in den Voralpen oder auf der Alpensüdseite. Knapp zwei Drittel der Waldfläche mit kritischer Bestandesstabilität befinden sich in den Hochlagen.

Bestände mit kritischer Stabilität haben auch einen grösseren Schädigungsgrad (Tab. **122**). Dieser wird aufgrund der Schadenbeurteilung an den Probebäumen berechnet (siehe Kap. 3.3). Als «sehr problematisch» müssen stark bis sehr stark geschädigte Bestände mit kritischer Stabilität bezeichnet werden. Im LFI4 fallen 16 800 ha Wald in diese Kategorie (1% der Waldfläche). Auf den gemeinsamen Probeflächen des LFI3 und des LFI4 hat sich die sehr problematische Waldfläche seit dem LFI3 nicht signifikant verändert (nicht dargestellt).


119

Im Wald wird einer der wenigen in der Schweiz natürlich vorkommenden Rohstoffe produziert – das Holz. Forstliche Planungswerke unterstützen eine nachhaltige Waldbewirtschaftung. Für drei Viertel der Waldfläche sind kantonale Waldpläne, und auf gut der Hälfte sind lokale forstliche Planungswerke wie Betriebspläne vorhanden. Fast zwei Drittel der Waldfläche werden regelmässig bewirtschaftet. Die Holzernte hat einen deutlichen Mechanisierungsschub erfahren, die Kosten bleiben aber hoch. So ist auf drei Vierteln der Waldfläche mit einem potenziellen Holzernteaufwand von über 50 Fr./m^3 zu rechnen. Nutzung und Mortalität beliefen sich zwischen LFI3 und LFI4 auf 9,3 Mio. m^3/Jahr. Der Bruttozuwachs betrug 10,8 Mio. m^3/Jahr. Zum ersten Mal war die Zuwachsabschöpfung im Privatwald nicht geringer, sondern mindestens gleich hoch wie im öffentlichen Wald.

WSL/LFI4

4 Holzproduktion

Christoph Fischer, Brigitte Rohner, Anne Herold, Barbara Allgaier Leuch, Christian Temperli, Fritz Frutig, Leo Bont, Esther Thürig, Erik Rösler

4.1 Planung und Zertifizierung

→ **Eine nachhaltige Waldbewirtschaftung wird durch geplante Eingriffe und forstliche Planungswerke gewährleistet. Für 74% der Schweizer Waldfläche ist ein Waldentwicklungsplan oder ein anderer kantonaler Waldplan vorhanden. Zum Zeitpunkt des LFI3 betrug die Abdeckung noch 43%.**

→ **59% der Schweizer Waldfläche werden gestützt auf ein lokales Planungswerk wie einen Betriebsplan bewirtschaftet. Auf 10% der Waldfläche ist dieses allerdings älter als 25 Jahre.**

→ **Zertifizierte Wälder stehen für eine besonders umwelt- und sozialverträgliche Holzproduktion. 51% der Waldfläche sind nach FSC und/oder PEFC zertifiziert.**

WSL/LFI4



Forstliche Planungswerke sind eine wichtige Grundlage für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung; Bülach ZH.

Waldplanung

Bäume brauchen mehrere Jahrzehnte bis Jahrhunderte, bis sie ein hiebsreifes Alter erreicht haben. Die Bewirtschaftung des Waldes muss daher langfristig geplant werden. Um dabei alle wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Aspekte der Nachhaltigkeit berücksichtigen zu können, sind forstliche Planungswerke unerlässlich. Aufgrund von Art. 20 Abs. 2 WaG ist es die Aufgabe der Kantone, Vorschriften zur forstlichen Planung zu erlassen. Die meisten Kantone sehen eine Planung auf kantonaler sowie eine auf lokaler bzw. betrieblicher Ebene vor. Das LFI erfasst die unterschiedlichen lokalen Planungswerke mit der Umfrage bei den Revierförstern, wobei zwischen einem Betriebsplan, einem Waldbauprojekt und anderen Plänen (z. B. für Naturschutzgebiete) unterschieden wird. Das Vorhandensein eines **kantonalen Waldplans** wird direkt bei den Kantonen erfragt. Mehrheitlich handelt es sich dabei um sogenannte Waldentwicklungspläne (WEP; Synonym: Regionale Waldpläne). WEP werden für grössere Regionen oder ganze Kantone erarbeitet. Dabei werden die unterschiedlichen Ansprüche an den Wald erfasst und gewichtet. Zudem werden die langfristigen Ziele der Waldentwicklung festgelegt und das Vorgehen zu deren Erreichung beschrieben. Die WEP sind für die kantonalen Behörden verbindlich und haben den Charakter eines Richtplans der Raumplanung. In den Kantonen

123 **Waldfläche nach Stand der kantonalen Waldplanung**

in 1000 ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Wald

Stand der kantonalen Waldplanung	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz			
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	%	±
WEP[1] geplant oder vorgesehen	38,7	6	14,1	11	18,7	10	151,4	3	0,0	*	222,9	3	16,9	0,4
WEP[1] in Bearbeitung	45,7	6	21,6	9	20,3	10	29,0	8	0,0	*	116,5	4	8,8	0,3
WEP[1] rechtskräftig	77,8	4	153,5	2	192,9	2	281,6	2	192,1	1	897,9	1	68,2	0,5
anderer kantonaler Waldplan in Kraft	38,9	6	40,7	6	0,0	*	0,0	*	0,0	*	79,6	4	6,0	0,3
Total	**201,1**	1	**229,8**	1	**231,9**	1	**462,0**	1	**192,1**	1	**1316,9**	0	**100**	

[1] WEP: Waldentwicklungsplan
* Schätzfehler nicht berechenbar

124 **Waldfläche nach Jahr der kantonalen Waldplanung**

in %
Auswertungseinheit: Wald mit kantonalen Waldplänen (=73% des Waldes)

Jahr der kantonalen Waldplanung	%	±
1995–2000	7,8	0,4
2001–2009	64,3	0,7
2010–2017	27,9	0,6
Total	**100**	

Aargau und Solothurn bildet auf kantonaler Ebene nicht ein WEP, sondern der Richtplan das zentrale Instrument für die Steuerung der Waldentwicklung.

Für den vorliegenden Ergebnisbericht wurde der Stand der kantonalen Waldplanung per 31.12.2017 erfasst. Demnach sind für 68% der Schweizer Waldfläche ein WEP und für weitere 6% ein anderer kantonaler Waldplan (Aargau, Solothurn) rechtskräftig (Tab. **123**). Für 9% der Waldfläche ist ein WEP in Bearbeitung. Für 17% der Waldfläche ist ein WEP erst geplant oder vorgesehen. In den Alpen ist dieser Anteil mit 33% allerdings deutlich höher. Im Gegensatz dazu gibt es auf der Alpensüdseite für die gesamte Waldfläche einen rechtskräftigen WEP. Zum Zeitpunkt des LFI3 (Stichtag 31.12.2006) war erst für 37% der Waldfläche ein WEP vorhanden (Duc *et al.* 2010b). Die Waldfläche mit einem WEP hat damit innerhalb von elf Jahren um 31% zugenommen. Nicht verändert hat sich dagegen der Anteil der Waldfläche mit einem anderen kantonalen Waldplan. Insgesamt sind die meisten kantonalen Waldpläne noch recht neu. So werden 92% der Waldfläche, für die es einen solchen Plan gibt, erst seit dem Jahr 2001 nach diesem bewirtschaftet (Tab. **124**).

Die Auflagen zur **lokalen Waldplanung** unterscheiden sich von Kanton zu Kanton. In 14 Kantonen besteht eine betriebliche Planungspflicht für alle Waldeigentumskategorien. In 4 Kantonen beschränkt sich diese auf den öffentlichen Wald. Dabei gilt in 12 der 18 Kantone die Planungspflicht erst ab einer bestimmten Mindestfläche (10–50 ha Wald). Weil die meisten privaten Eigentümer nur kleine Waldflächen besitzen, sind Betriebspläne im Privatwald, der immerhin 31% des Schweizer Waldes ausmacht (Kap. 7.1), selten.

125 Waldfläche nach Art der lokalen Waldplanung

in 1000 ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Wald

Art der lokalen Waldplanung	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz			
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	%	±
Betriebsplan	155,5	2	140,3	2	91,8	4	245,4	2	38,4	7	671,5	1	51,0	0,6
Waldbauprojekt	0,2	*	3,3	24	12,3	12	53,0	6	17,8	10	86,6	5	6,6	0,3
andere lokale Pläne	2,8	27	7,5	16	5,1	20	5,6	19	0,4	71	21,4	10	1,6	0,2
keine lokale Planung	42,5	6	78,7	4	122,8	3	158,0	3	135,5	2	537,4	2	40,8	0,6
Total	**201,1**	1	**229,8**	1	**231,9**	1	**462**	1	**192,1**	1	**1316,9**	1	**100**	

* Schätzfehler ≥ 100%

126 Waldfläche nach Jahr der lokalen Waldplanung

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Wald

Jahr der lokalen Waldplanung[1]	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
keine Planung	22,5	1,3	37,5	1,4	55,0	1,5	35,4	1,0	70,7	1,4	42,4	0,6
bis 1992	15,8	1,1	2,7	0,5	9,6	0,9	13,3	0,7	5,0	0,7	10,0	0,4
1993–2000	11,2	1,0	8,3	0,8	5,0	0,6	8,8	0,6	1,6	0,4	7,3	0,3
2001–2009	34,7	1,5	33,7	1,4	14,5	1,0	20,9	0,8	12,0	1,0	22,8	0,5
2010–2017	15,8	1,2	17,8	1,1	15,9	1,1	21,6	0,9	10,7	1,0	17,5	0,5
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

[1] Betriebsplan oder Waldbauprojekt

WSL/LFI4

Gemäss LFI4 (Stichtag: 31.12.2017) liegen für 59% der Schweizer Waldfläche lokale Planungswerke vor (Tab. **125**), wobei Betriebspläne mit 51% die Mehrheit ausmachen. Lediglich auf der Alpensüdseite gibt es für grosse Teile der Waldfläche (70%) kein lokales Planungswerk. Betriebspläne bedürfen einer regelmässigen Erneuerung, um die strategischen und operativen Überlegungen der Waldeigentümer bzw. Forstbetriebe zu erfassen. Aus diesem Grund sind über 25 Jahre alte Pläne, wie sie für 10% der Waldfläche anzutreffen sind (Tab. **126**), eher von geringem Nutzen. Im Vergleich zum LFI3 ist der Anteil Wald mit einem lokalen Planungswerk (57%) fast konstant geblieben (Duc *et al.* 2010b).

Betrachtet man alle forstlichen Planungswerke zusammen, zeigt sich, dass für 89% der Waldfläche mindestens ein Plan vorliegt. Auf 16% der Waldfläche ist es ein lokaler Plan, auf 31% ein kantonaler Plan. Auf 42% liegen sowohl ein lokaler als auch ein kantonaler forstlicher Plan vor (Tab. **127**).



Die Hälfte der Schweizer Waldfläche ist zertifiziert; Kreuzlingen TG.

Waldzertifizierung

Damit die Waldeigentümer den Holzkäufern gegenüber deklarieren können, dass ihr Holz aus nachhaltiger und sozial verträglicher Produktion stammt, stehen ihnen zwei **Zertifizierungslabels** zur Verfügung: dasjenige des «Forest Stewardship Council» (FSC) und dasjenige des «Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes» (PEFC). Das Q-Label Holz wurde per 1. Januar 2009 aufgegeben, weshalb es in vorliegendem Ergebnisbericht nicht mehr erscheint. Das Label «Schweizer Holz» bzw. sein Vorgänger, das «Herkunftszeichen Schweizer Holz», ist eine reine Ursprungsbezeichnung und stellt keine Anforderungen an die Bewirtschaftung des Waldes. Daher erfasst das LFI dieses Label trotz seiner weiten Verbreitung nicht.

Im Rahmen des LFI4 wurde der Stand der Zertifizierung bei einem Teil der Revierförster im Winter 2013/2014, bei einem anderen Teil im Winter 2017/2018 erfasst. Insgesamt sind 51% der Schweizer Waldfläche zertifiziert (Tab. **128**). Am grössten ist der Anteil der zertifizierten Waldfläche im Mittelland, wo er sich auf 71% beläuft. Auf der Alpensüdseite, auf der nur wenig Holz genutzt wird, beträgt er dagegen lediglich 2%. Im Vergleich zum LFI3 (Duc *et al.* 2010b) hat die schweizweit zertifizierte Waldfläche um 5 Prozentpunkte zugenommen. Der Anteil der zertifizierten Waldfläche kann sich in Abhängigkeit des Kosten-Nutzen-Verhältnisses, das sich die Waldeigentümer und Forstbetriebe ausrechnen, rasch ändern. Zum Zeitpunkt der Befragung gab es keine Anzeichen, dass die zertifizierte Waldfläche noch stark ansteigen würde. So war eine Zertifizierung nur für knapp 1% der Waldfläche erst vorgesehen oder noch im Gang. Dagegen wurde für 6% der Waldfläche angegeben, dass die Zertifizierung abgelaufen und keine Erneuerung geplant sei (Tab. **129**).

127 **Waldfläche mit forstlichen Planungswerken**

in 1000 ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Wald

forstliche Planungswerke	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz			
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	%	±
kein forstlicher Plan	21,7	9	13,4	12	25,3	9	89,2	4	0,0	*	149,6	3	11,4	0,4
nur lokaler forstlicher Plan[1]	75,4	4	26,3	8	13,8	12	91,2	4	0,0	*	206,6	3	15,7	0,4
nur kantonaler forstlicher Plan[2]	23,6	9	72,8	4	102,6	4	74,3	5	135,9	2	409,2	2	31,1	0,5
lokaler und kantonaler Plan[3]	80,4	4	117,3	3	90,3	4	207,2	2	56,2	5	551,5	1	41,9	0,6
Total	**201,1**	1	**229,8**	1	**231,9**	1	**462,0**	1	**192,1**	1	**1316,9**	0	**100**	

[1] Betriebsplan, Waldbauprojekt
[2] WEP (Waldentwicklungsplan) oder anderer kantonaler Waldplan in Kraft
[3] Betriebsplan bzw. Waldbauprojekt vorhanden und WEP bzw. anderer kantonaler Waldplan in Kraft
* Schätzfehler nicht berechenbar

Das häufigste Zertifizierungslabel ist FSC. 33% der Schweizer Waldfläche sind allein nach diesem zertifiziert. 18% der Waldfläche sind doppelt, d. h. sowohl nach FSC als auch nach PEFC, zertifiziert. Auf lediglich 0,4% der Waldfläche wird ausschliesslich auf das PEFC-Label gesetzt (Tab. **129**). Im Vergleich zum LFI3 (Duc *et al.* 2010b) hat die Doppelzertifizierung um 9% abgenommen und die alleinige Zertifizierung nach FSC um 15% zugenommen.

128 Waldfläche nach Stand der Zertifizierung

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Wald

Stand der Zertifizierung	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
keine Zertifizierung vorgesehen	29,5	1,4	21,2	1,2	37,8	1,4	40,7	1,0	90,4	0,9	42,3	0,6
Zertifizierung vorgesehen	0,1	0,1	0,6	0,2	1,5	0,4	0,1	0,1	0,0	*	0,4	0,1
Zertifizierungsprozess im Gange	0,4	0,2	0,6	0,2	0,0	*	0,0	0,0	0,0	*	0,2	0,1
Betriebs- und/oder Gruppenzertifizierung in Kraft	67,2	1,5	71,0	1,3	54,5	1,5	53,0	1,0	2,2	0,5	51,2	0,6
Zertifizierung abgelaufen, keine Erneuerung vorgesehen	2,8	0,5	6,7	0,7	6,2	0,7	6,2	0,5	7,3	0,8	5,9	0,3
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

* Schätzfehler nicht berechenbar

129 Waldfläche nach Zertifizierungslabel und Stand der Zertifizierung

in %
Auswertungseinheit: Wald

Stand der Zertifizierung	Zertifizierungslabel									
	kein Label		PEFC[1]		FSC[2]		PEFC[1] und FSC[2]		Total	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
keine Zertifizierung vorgesehen	42,5	0,6	0,0	*	0,0	*	0,0	*	42,5	0,6
Zertifizierung vorgesehen oder im Gange	0,0	*	0,0	*	0,3	0,1	0,2	0,1	0,6	0,1
Zertifizierung in Kraft	0,0	*	0,4	0,1	32,5	0,5	18,2	0,4	51,2	0,6
Zertifizierung abgelaufen, keine Erneuerung vorgesehen	0,0	*	1,0	0,1	2,4	0,2	2,3	0,2	5,7	0,3
Total	**42,5**	**0,6**	**1,4**	**0,1**	**35,2**	**0,6**	**20,8**	**0,5**	**100**	

[1] Programme for Endorsement of Forest Certification
[2] Forest Stewardship Council
* Schätzfehler nicht berechenbar

WSL/LFI4

4.2 Waldbewirtschaftung

- Auf 500 000 ha oder 41 % des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald wurde im Jahrzehnt vor der LFI4-Felderhebung waldbaulich eingegriffen.
- Der Anteil der regelmässig bewirtschafteten Wälder ist seit dem LFI3 etwa gleich geblieben und liegt bei 62 %.
- Die jährliche Eingriffsfläche schwankte im Zeitfenster 2004 bis 2013 deutlich: So wurden 2004 auf 69 000 ha Eingriffe durchgeführt, 2013 aber nur auf 34 000 ha, also auf knapp der Hälfte. Der grösste Teil dieses Unterschiedes (20 000 ha) ist auf Sanitärhiebe zurückzuführen.
- In den nächsten 20 Jahren sind auf rund 770 000 ha (auf rund zwei Dritteln der Waldfläche) Eingriffe vorgesehen.

Zeitpunkt des letzten Eingriffs

Das LFI erhebt im Rahmen der Umfrage bei den Revierförstern für jede Probefläche die Art und das Jahr aller Eingriffe seit der Vorinventur. Daraus lässt sich die Anzahl Jahre seit dem letzten Eingriff ableiten, ein Mass für die Intensität der Waldpflege. Referenziert wird der Zeitpunkt des letzten Eingriffs dabei am Jahr der Feldaufnahme der Probefläche.

Auf knapp 500 000 ha oder 41 % des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald wurde innerhalb der letzten zehn Jahre eingegriffen (Tab. **130**). Auf zwei Dritteln dieser Fläche fand der Eingriff sogar innerhalb der letzten fünf Jahre statt. Im Jura und im Mittelland wird in deutlich kürzeren Abständen eingegriffen als in den Alpen und auf der Alpensüdseite. So wurden im Jura in den letzten zehn Jahren 56 % und im Mittelland 73 % der Waldfläche gepflegt, während es in den Alpen 25 % und auf der Alpensüdseite lediglich 11 % waren. Dass in den alpinen Regionen nur ein so geringer Flächenanteil gepflegt wurde, hat zwei Gründe: Erstens ist die Wuchskraft der Bestände verhältnismässig gering, weshalb nicht so oft eingegriffen werden muss, und zweitens wird oftmals wegen der hohen Holzerntekosten auf Eingriffe verzichtet. Besonders ungünstig sind die Verhältnisse auf der Alpensüdseite (Kap. 2; Tab. **047**), was dazu führte, dass der letzte Eingriff in dieser Region auf über der Hälfte der Waldfläche mehr als 50 Jahre zurückliegt. Im Jura und im Mittelland sind im gleichen Zeitraum nur wenige Prozent der Fläche ohne Eingriff geblieben (Tab. **130**). Wie schon im LFI3 (Duc *et al.* 2010b, Abb. 132) und im LFI2 (Herold und Stierlin 1999, Abb. 147) befinden sich die Gebiete, in denen der

130 **Waldfläche nach dem Zeitpunkt des letzten Eingriffs**

in 1 000 ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

letzter Eingriff vor	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	1 000 ha	± %	1 000 ha	± %	1 000 ha	± %	1 000 ha	± %	1 000 ha	± %	1 000 ha	± %
0–5 Jahren	77,3	4	113,6	3	62,7	5	64,6	5	13,2	12	331,4	2
6–10 Jahren	34,1	7	53,1	5	37,8	7	32,1	8	4,9	20	162,0	3
11–20 Jahren	41,5	6	35,9	7	51,5	6	65,5	5	10,5	13	204,8	3
21–30 Jahren	16,9	10	12,6	12	20,4	10	53,8	6	12,3	12	116,0	4
31–50 Jahren	18,4	10	7,9	15	26,3	8	65,4	5	28,4	8	146,5	3
über 50 Jahren	11,7	13	4,5	21	23,6	9	112,2	4	88,9	3	241,0	2
keine Angabe	0,2	**	0,2	**	0,0	*	0,0	*	0,0	*	0,4	71
Total	**200,1**	**1**	**227,9**	**1**	**222,3**	**1**	**393,7**	**1**	**158,3**	**2**	**1 202,2**	**1**

* Schätzfehler nicht berechenbar
** Schätzfehler ≥ 100%



In rund zwei Fünfteln des Schweizer Waldes wurden in den letzten zehn Jahren Eingriffe ausgeführt. Angezeichnete Durchforstung bei Gempen SO.

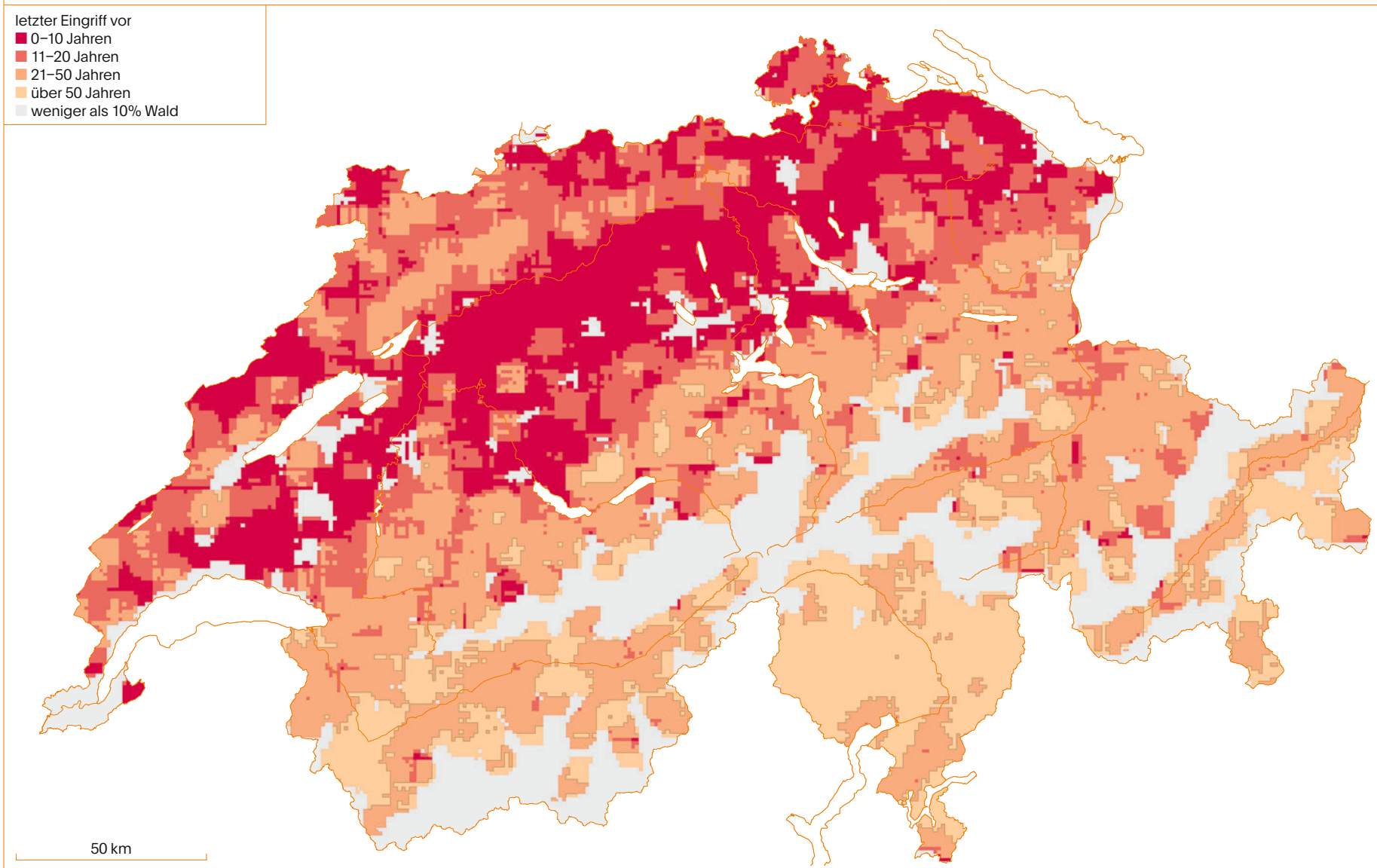
WSL/LFI4

letzte Eingriff über 50 Jahre zurückliegt, mehrheitlich auf der Alpensüdseite (Abb. **131**). Weitere liegen im Bereich des Nationalparks im Kanton Graubünden sowie in den Tälern südlich von Martigny im Kanton Wallis.

In den letzten Jahrzehnten hat sich die Waldbewirtschaftung in der Schweiz je nach Region unterschiedlich entwickelt (Abb. **132**): Im Mittelland liegt der Anteil der Wälder mit mindestens einem forstlichen Eingriff in den letzten 20 Jahren seit dem LFI1 stabil um 90%. Auf drei Vierteln der Waldfläche wird mindestens einmal pro Jahrzehnt waldbaulich eingegriffen. Dieser Anteil schwankt ein wenig im Laufe der Zeit, aber ohne anhaltende positive oder negative Tendenz. Im Jura dagegen hat der Waldflächenanteil mit mindestens einem Eingriff in den letzten 20 Jahren zwischen LFI1 und LFI3 von 85% auf 76% abgenommen. Seit dem LFI3 ist er praktisch unverändert geblieben (LFI4: 77%). In den Voralpen ist die Entwicklung ähnlich, wobei der in den letzten 20 Jahren bewirtschaftete Flächenanteil mit 80% im LFI1 und 71% im LFI4 generell etwas tiefer als im Jura ist. In den Alpen hat der Waldflächenanteil mit einem Eingriff in den letzten 20 Jahren hingegen auch zwischen dem LFI3 und dem LFI4 abgenommen. Er beträgt heute nur noch 44%. Auf der Alpensüdseite wurde die Bewirtschaftung in vielen Wäldern bereits nach dem Zweiten Weltkrieg eingestellt. Entsprechend war der Flächenanteil mit einem Eingriff in den letzten 20 Jahren schon im LFI1 mit 29% sehr niedrig. Bis zum LFI2 hat er weiter abgenommen. Seither liegt er relativ stabil bei 20 bis 22%. Als Folge der zurückgehenden Bewirtschaftung hat auf der Alpensüdseite der Flächenanteil der Wälder, in denen der letzte Eingriff schon mehr als 50 Jahre zurückliegt, stark zugenommen. Gehörten im LFI1 noch 33% dieser Kategorie an, waren bzw. sind es im LFI4 58%. Auch in den Alpen ist eine Zunahme bei den schon über 50 Jahre nicht mehr bewirtschafteten Wäldern zu verzeichnen. Sie ist aber deutlich weniger stark (Zunahme von 20% auf 27%). In den anderen drei Regionen liegt der Anteil der schon seit über einem halben Jahrhundert nicht mehr bewirtschafteten Wälder seit dem LFI1 relativ stabil bei 2% (Mittelland), 5% (Jura) und 7–9% (Voralpen). Weitere Informationen zu den lange nicht mehr bewirtschafteten Wäldern finden sich in Kap. 5.6.

131 Zeitpunkt des letzten Eingriffs

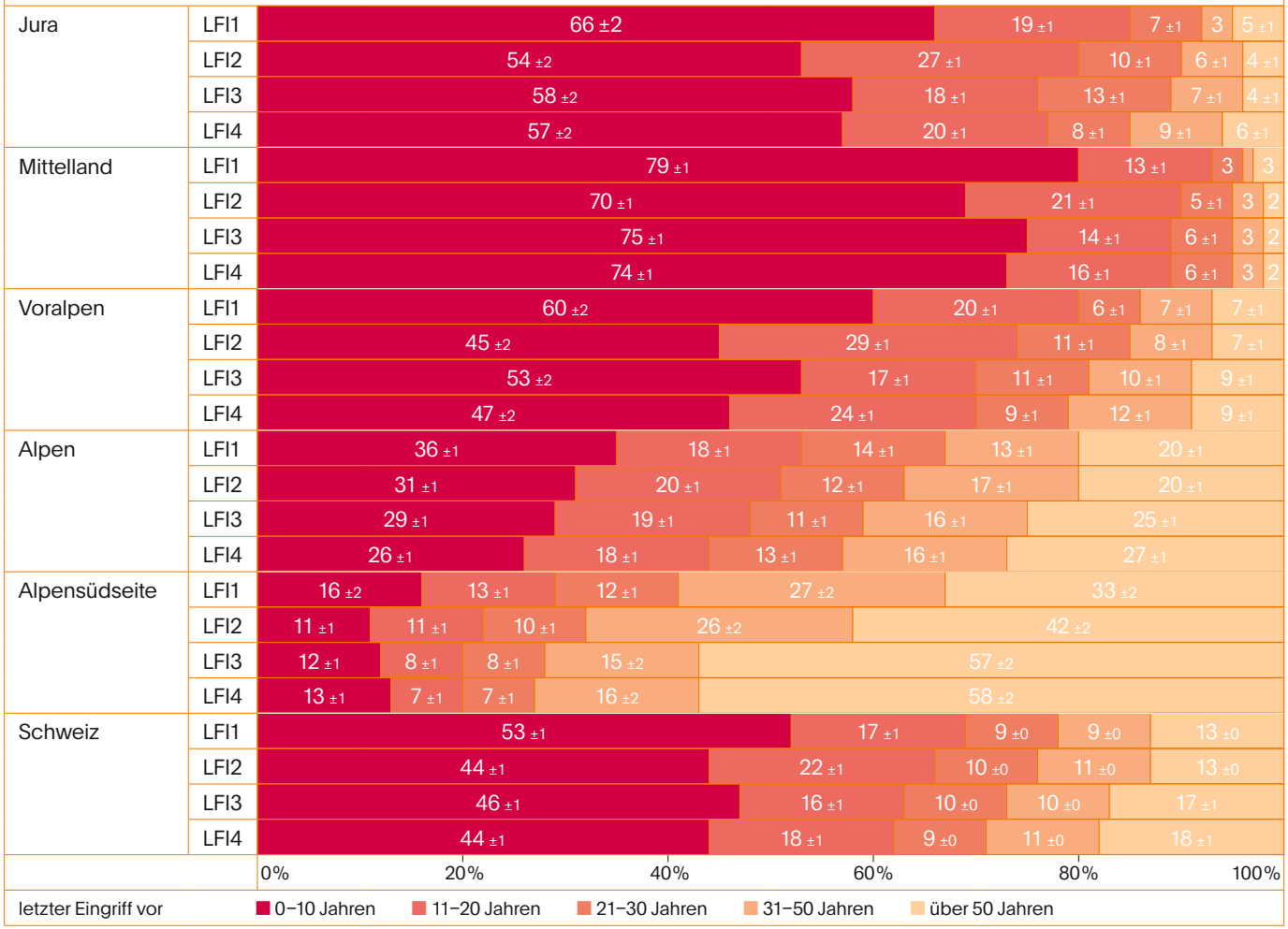
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald



Zur Interpretation von Karten mit gleitenden Mittelwerten siehe Kapitel 1.4

132 Waldfläche nach dem Zeitpunkt des letzten Eingriffs und Inventur

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI1/LFI2/LFI3/LFI4



WSL/LFI4

133 Waldfläche nach Bewirtschaftungsintensität

in 1000 ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Standortgüte	Zeitpunkt des letzten Eingriffs vor									
	0–10 Jahren		11–20 Jahren		21–30 Jahren		31–50 Jahren		über 50 Jahren	
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %
gering	36,3	7	22,3	9	20,9	10	28,9	8	64,6	5
mässig	99,2	4	59,7	6	44,3	7	63,3	5	113,3	4
gut	172,8	3	75,6	5	33,5	8	42,4	7	57,5	6
sehr gut	185,0	3	47,3	6	17,4	11	11,8	13	5,8	18

	Bewirtschaftungsintensität					
	regelmässig bewirtschaftet		selten bewirtschaftet		nicht bewirtschaftet	
1000 ha	745,0	±1%	204,1	±3%	252,7	±2%
%	62,0	±0,6	17,0	±0,5	21,0	±0,5

Bewirtschaftungsintensität ■ regelmässig bewirtschaftet ■ selten bewirtschaftet ■ nicht bewirtschaftet



Ein Fünftel des Schweizer Waldes wird nicht bewirtschaftet. Bödmerenwald; Muotathal SZ.

Bewirtschaftungsintensität

Die Häufigkeit eines waldbaulichen Eingriffs ist unter anderem von der Standortgüte abhängig. Auf guten Standorten wachsen die Bäume schneller, weshalb waldbauliche Eingriffe in kürzeren Intervallen erfolgen können. Der Zeitpunkt des letzten Eingriffs wird darum wie schon in den vorigen Inventurperioden in Kombination mit der Standortgüte als Mass für die Bewirtschaftungsintensität der Wälder verwendet. Die Ableitung der Kategorien «regelmässig bewirtschaftet», «selten bewirtschaftet» und «nicht bewirtschaftet» erfolgte gleich wie schon im LFI2 (Herold und Stierlin 1999, Abb. 148). Demnach gelten 62% des Schweizer Waldes als regelmässig bewirtschaftet, 17% als selten bewirtschaftet und 21% als nicht bewirtschaftet (Tab. **133**). Der Anteil der regelmässig bewirtschafteten Waldfläche ist im Mittelland mit 79% am höchsten (Abb. **134**). Es folgen die Regionen Jura und Voralpen mit Anteilen von 74% bzw. 72%. In den Alpen wird mit einem Anteil von 56% immer noch über die Hälfte des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald regelmässig bewirtschaftet. Auf der Alpensüdseite

WSL/LFI4

dagegen ist die Situation umgekehrt: Hier gelten 56% der Waldfläche als nicht bewirtschaftet und lediglich 24% als regelmässig bewirtschaftet. Seit dem LFI3 sind schweizweit und auch in den meisten Regionen keine signifikanten Veränderungen in der Bewirtschaftungsintensität zu verzeichnen (Abb. **134**). Lediglich im Jura und in den Alpen hat der Anteil der regelmässig bewirtschafteten Wälder leicht abgenommen.

Art und Jahr der Eingriffe

Im Rahmen der Försterbefragungen wurden für jede Probefläche die Art und das Jahr der waldbaulichen Massnahmen seit der Vorinventur erfasst. Da etwa die Hälfte der Förster im Winter 2013/2014, die andere Hälfte aber im Winter 2017/2018 befragt wurde, decken ihre Angaben unterschiedliche Zeiträume ab. Vollständig sind sie für die Jahre 2004 bis 2013. In diesem Zeitraum wurden pro Jahr zwischen 34000 ha (im Jahr 2013) und 69000 ha (im Jahr 2004) Wald behandelt (Tab. **135**). Diese grosse Variation ist in erster Linie auf die Fläche mit Sanitärhieben zurückzuführen, die im noch stark vom Borkenkäfer geprägten Jahr 2004 (Queloz und Dubach 2018) 25000 ha, 2013 aber nur 5000 ha ausmachten. Auch Jungwaldpflegemassnahmen sowie Lichtungen und Räumungen wurden im Jahr 2004 auf einer zwei- bis dreimal so grossen Fläche wie 2013 ausgeführt.

Betrachtet man die Art des letzten Eingriffs, der im Jahrzehnt vor der LFI4-Feldaufnahme auf der Probefläche stattfand (Tab. **136**), so zeigen sich auch regionale Unterschiede. Im Mittelland und im Jura waren die Durchforstung sowie die Jungwaldpflege die häufigsten Eingriffsarten. In den Voralpen, in den Alpen und auf der Alpensüdseite war es dagegen der Sanitärhieb.

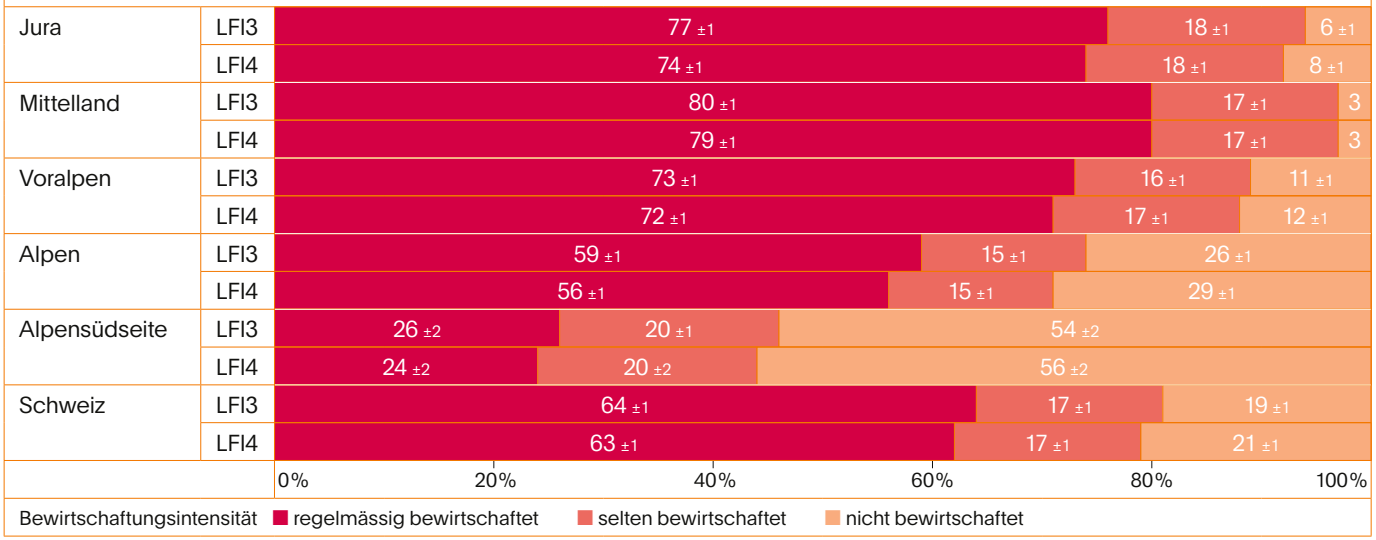
Art und Dringlichkeit des nächsten Eingriffs

Seit dem LFI3 schätzen die Revierförster für jede Probefläche die Art und die Dringlichkeit des nächsten waldbaulichen Eingriffs anhand des Waldzustands unter Berücksichtigung der Waldfunktionen und der waldbaulichen Planung ein. In den nächsten 20 Jahren betrachten

WSL/LFI4

134 **Waldfläche nach Bewirtschaftungsintensität und Inventur**

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4



135 Waldfläche nach Art und Jahr des Eingriffs

in 1000 ha
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Art des Eingriffs	Jahr des waldbaulichen Eingriffs																			
	2004		2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013	
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %
Pflanzung	1,9	33	0,4	71	0,8	50	1,0	45	0,4	71	0,2	**	0,0	*	0,2	**	0,2	**	0,2	**
Jungwaldpflege	14,2	12	8,1	16	7,7	16	8,2	15	11,4	13	11,4	13	13,0	12	9,6	14	6,7	17	5,1	20
Durchforstung	9,5	14	9,8	14	9,4	14	13,5	12	17,0	11	14,5	12	11,2	13	7,5	16	8,7	15	6,6	17
Lichtung/Räumung	11,6	13	9,1	15	7,5	16	7,5	16	12,3	13	11,0	13	9,8	14	9,0	15	6,4	18	5,2	20
Plenterung, Gebirgswald-, Dauerwald-Durchforstung	6,3	18	5,2	20	5,7	19	7,7	16	9,7	14	9,7	14	9,3	15	9,2	15	6,2	18	8,9	15
agro-forstliche Eingriffe	4,0	22	3,3	24	2,2	30	2,7	28	2,8	27	4,1	22	4,0	22	3,0	26	2,5	29	2,6	28
Sanitärhieb	25,3	9	12,3	13	8,7	15	7,7	16	8,2	16	10,1	14	10,7	14	8,9	15	8,7	15	5,3	19
übrige Eingriffe[1]	2,0	32	1,4	38	1,2	41	1,6	35	1,7	33	3,0	26	3,6	24	2,4	29	2,1	30	1,9	33
Gesamte Waldfläche mit mindestens einem Eingriff	**69,1**	**5**	**46,7**	**6**	**41,4**	**7**	**48,2**	**6**	**62,1**	**5**	**61,5**	**6**	**58,8**	**6**	**48,3**	**6**	**39,9**	**7**	**34,2**	**8**

* Schätzfehler nicht berechenbar
** Schätzfehler ≥ 100%
[1] Nieder-/Mittelwaldschlag, Überführungsdurchforstung, Umwandlung und Waldrandpflege

sie Eingriffe auf rund 770000 ha (64% des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald) als erforderlich (Tab. **137**). Knapp die Hälfte davon soll bereits in den nächsten 5 Jahren durchgeführt werden, wobei Durchforstungen, Jungwaldpflege und Lichtungen daran den grössten Anteil haben. Die in den nächsten 5 bzw. 20 Jahren zu behandelnde Fläche ist ähnlich hoch wie im LFI3 (Duc *et al.* 2010b, Tab. 137). Die Revierförster haben aber vor, die Eingriffsarten «Dauerwalddurchforstung» und «Gebirgswalddurchforstung» deutlich häufiger einzusetzen. So wollen sie in den nächsten 5 Jahren 34400 ha (22900 ha mehr) mit einer Dauerwalddurchforstung und 31300 ha (14000 ha mehr) mit einer Gebirgswalddurchforstung behandeln. Sanitärhiebe werden in den nächsten 5 Jahren auf 13300 ha erwartet.

Zusätzlich wurden die Revierförster gefragt, ob die Waldeigentümer den waldbaulichen Eingriff in jedem Fall oder nur bei Kostendeckung oder Gewinn ausführen würden. Kostendeckung liegt vor, wenn der Aufwand des Eingriffes gleich gross ist wie der Ertrag aus dem Holzverkauf sowie allfälliger finanzieller Beiträge von Bund, Kanton und Nutzniessenden. Auf 55% der Waldfläche mit

136 Waldfläche nach der Art des letzten Eingriffs

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI2/LFI3/LFI4

Art des letzten Eingriffs vor 0–10 Jahren	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
Pflanzung	0,2	0,1	0,5	0,2	0,4	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,1
Jungwaldpflege	10,5	1,0	13,8	0,9	4,5	0,6	3,6	0,4	0,6	0,3	6,7	0,3
Durchforstung	13,8	1,1	24,0	1,2	7,3	0,8	1,8	0,3	1,6	0,5	9,5	0,4
Lichtung, Räumung	7,6	0,8	10,8	0,9	7,8	0,8	5,5	0,6	2,1	0,5	7,0	0,3
Plenterung, Gebirgswald-, Dauerwalddurchforstung	10,2	1,0	7,3	0,8	8,9	0,9	4,2	0,5	0,7	0,3	6,4	0,3
agro-forstliche Eingriffe	3,4	0,6	1,4	0,4	3,0	0,5	2,2	0,4	2,3	0,6	2,4	0,2
übrige planmässige Eingriffe[1]	1,5	0,4	2,6	0,5	1,4	0,4	0,4	0,2	2,0	0,5	1,4	0,2
Sanitärhieb	8,6	0,9	12,9	1,0	12,5	1,0	7,8	0,6	3,1	0,7	9,3	0,4
Eingriffsart unbekannt	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,2	0,2	0,1	0,0	*	0,2	0,1
kein Eingriff in den letzten 10 Jahren	44,0	1,6	26,6	1,3	53,8	1,5	74,3	1,1	87,5	1,3	56,9	0,6
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

[1] Nieder-/Mittelwaldschlag, Überführungsdurchforstung, Umwandlung und Waldrandpflege
* Schätzfehler nicht berechenbar

WSL/LFI4

waldbaulich angezeigtem Eingriff in den nächsten zehn Jahren würden laut Einschätzung der Förster die Eingriffe in jedem Fall durchgeführt, auf 37% nur bei Kostendeckung und auf 7% nur, wenn Aussicht auf finanziellen Gewinn besteht (Tab. **138**). Die Aufschlüsselung nach der Vorrangfunktion zeigt, dass die Waldeigentümer besonders auf Flächen mit Erholungsfunktion bereit sind, Kostenunterdeckung zu akzeptieren. Aber auch in Wäldern mit Vorrangfunktion Holzproduktion werden defizitäre Eingriffe verbreitet in Kauf genommen. Argumentiert wird, dass waldbauliche Massnahmen in jungen Beständen nicht kostendeckend sein könnten, aber eine wichtige Investition darstellen würden. Auf den ersten Blick überraschend ist der Befund, dass die Bereitschaft, Eingriffe trotz Kostenunterdeckung durchzuführen, in den Wäldern



Die Jungwaldpflege ist vor allem im Mittelland und im Jura eine wichtige Eingriffsart; Kreuzlingen TG.

mit Vorrangfunktion Schutz vor Naturgefahren am kleinsten ist. Erklären lässt sich dies damit, dass der Schutz von Menschenleben und erheblichen Sachwerten eine staatliche Aufgabe ist und daher die Position vertreten werden kann, dass Bund, Kantone und Gemeinden bzw. Nutzniesser die erforderlichen Massnahmen auch vollumfänglich finanzieren sollen.

Die waldbauliche Dringlichkeit des nächsten Eingriffs ist je nach Vorrangfunktion unterschiedlich (Tab. **139**). In den nächsten zehn Jahren sind auf 80% der Waldfläche mit Vorrangfunktion Holzproduktion Eingriffe vorgesehen. Annähernd so hoch ist mit 68% der Prozentsatz nur noch bei den Wäldern mit Vorrangfunktion Erholung. Diese Wälder werden deutlich intensiver bewirtschaftet als die Wälder mit Vorrangfunktion Naturschutz oder Schutz vor Naturgefahren, bei denen nur auf 31 bzw. 36% der Fläche innerhalb der nächsten zehn Jahre eingegriffen werden soll.

137 **Waldfläche nach Art und Dringlichkeit des nächsten Eingriffs**

in 1000 ha
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Art des nächsten Eingriffs	nächster Eingriff angezeigt in									
	0–5 Jahren		6–10 Jahren		11–20 Jahren		über 20 Jahren[1]		Total	
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %
Jungwaldpflege	60,8	6	24,7	9	14,5	12	–		100,1	4
Durchforstung	90,1	4	76,9	5	30,4	8	–		197,4	3
Lichtung	51,8	6	41,0	7	30,6	8	–		123,4	4
Räumung	18,2	10	10,7	14	7,7	16	–		36,7	7
Plenterung	23,7	9	19,4	10	10,4	14	–		53,5	6
Gebirgswalddurchforstung	31,3	8	40,1	7	52,6	6	–		124,0	4
Nieder-/Mittelwaldschlag	1,4	38	2,2	30	2,8	27	–		6,4	18
Überführungsdurchforstung	2,0	32	2,4	29	1,8	33	–		6,2	18
Umwandlung	0,0	*	0,6	58	0,6	58	–		1,2	41
Sanitärhieb	13,3	12	1,4	38	1,2	41	–		15,9	11
Dauerwalddurchforstung	34,4	7	23,2	9	7,9	16	–		65,5	5
Waldrandpflege	8,2	16	4,0	22	2,6	28	–		14,8	12
Pflanzung	0,4	71	0,0	*	0,0	*	–		0,4	71
agro-forstliche Eingriffe	10,4	14	10,0	14	6,9	17	–		27,3	8
allfälliger Eingriff in über 20 Jahren[1]	–		–		–		429,4	2	429,4	2
Total	**346,0**	**2**	**256,6**	**2**	**170,0**	**3**	**429,4**	**2**	**1202,1**	**1**

[1] inklusive auf absehbare Zeit kein Eingriff
* Schätzfehler nicht berechenbar

WSL/LFI4

138 Waldfläche nach Bedingung für den nächsten Eingriff und Vorrangfunktion

in %
Auswertungseinheit: Waldfläche mit geplantem Eingriff in 0–10 Jahren (50,2% des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald)

Vorrangfunktion	Bedingung für nächsten Eingriff						
	Eingriff in jedem Fall, auch bei Kostenunterdeckung		Eingriff nur bei Kostendeckung		Eingriff nur bei finanziellem Gewinn		Total
	%	±	%	±	%	±	%
Holzproduktion	58,4	1,3	30,8	1,2	10,8	0,8	100
Schutz vor Naturgefahren	48,8	1,7	48,3	1,7	2,8	0,6	100
Naturschutz	55,0	4,2	43,5	4,2	1,4	1,0	100
Erholung	65,0	6,7	33,1	6,6	1,9	1,9	100
übrige Vorrangfunktionen[1]	62,4	4,4	30,2	4,2	7,3	2,4	100
keine spezielle Waldfunktion	54,6	9,3	45,4	9,3	0,0	*	100
Gesamt	**55,4**	**1,0**	**37,4**	**1,0**	**7,2**	**0,5**	**100**

[1] Landwirtschaftliche Nutzung, Windschutz, Trinkwasserschutz, Landschaftsschutz, Wildschutz, Militär
* Schätzfehler nicht berechenbar

WSL/LFI4

139 Waldfläche nach Dringlichkeit des nächsten Eingriffs und Vorrangfunktion

in %
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Vorrangfunktion	nächster Eingriff angezeigt in								
	0–5 Jahren		6–10 Jahren		11–20 Jahren		über 20 Jahren		Total
	%	±	%	±	%	±	%	±	%
Holzproduktion	48,0	1,1	31,6	1,0	13,1	0,7	7,3	0,6	100
Schutz vor Naturgefahren	18,6	0,7	16,9	0,7	17,2	0,7	47,2	0,9	100
Naturschutz	17,8	1,7	13,6	1,5	8,3	1,2	60,3	2,2	100
Erholung	42,9	5,2	25,6	4,6	7,9	2,9	23,6	4,5	100
übrige Vorrangfunktionen[1]	23,8	2,2	15,5	1,9	10,9	1,6	49,7	2,6	100
keine spezielle Waldfunktion	6,9	1,7	8,5	1,8	7,6	1,7	77,0	2,7	100
Gesamt	**28,8**	**0,6**	**21,4**	**0,5**	**14,1**	**0,4**	**35,7**	**0,6**	**100**

[1] Landwirtschaftliche Nutzung, Windschutz, Trinkwasserschutz, Landschaftsschutz, Wildschutz, Militär

4.3 Holzernte

- Die Mechanisierung der Holzernte hat deutlich zugenommen. Auf 14% der Waldfläche erfolgte die Holzernte vollmechanisiert mit Vollernter und Forwarder. Im LFI3 war dies erst auf 7% der Eingriffsfläche der Fall.
- Auf 26% der Eingriffsfläche wurde der Forwarder zum Rücken des Holzes eingesetzt. Er war damit – knapp vor dem Forstspezialschlepper mit 25% – das häufigste Rückemittel. Der Helikopter kam unverändert auf 5% der Waldfläche zum Einsatz.
- Seit dem LFI3 haben sich die Rückedistanzen kaum verändert.
- Der potenzielle Holzernteaufwand beträgt lediglich auf 26% der Schweizer Waldfläche maximal 50 Fr./m^3. Im Mittelland und im Jura ist der entsprechende Anteil mit 60 bzw. 55% deutlich höher.



Die Motorsäge ist nach wie vor das häufigste Arbeitsmittel bei der Holzhauerei; Suhr AG.

Im LFI werden für die Berechnung des potenziellen Holzernteaufwands die Holzernteprozesse «Fällen und Aufarbeiten» (= Holzhauerei) sowie «Rücken» erfasst. Das Rücken umfasst den Geländetransport vom Probeflächenzentrum (Fällort) bis zu einer mindestens 2,5 m breiten Strasse, die für eine Achslast von 10 t dimensioniert ist («Lastwagenstrasse LFI»; siehe Kap. 2.2). Im Rahmen der Befragung der Revierförster wird für jede Probefläche das Holzernteverfahren erfasst, das seit dem LFI3 zur Anwendung kam. Falls in diesem Zeitraum kein Eingriff stattfand, wird das Holzernteverfahren notiert, das die zuständigen Revierförster bei einem Eingriff zum Zeitpunkt der Aufnahme der Probefläche eingesetzt hätten.

Arbeitsmittel der Holzhauerei

Über die ganze Schweiz gesehen wurden auf 14% der seit dem LFI3 tatsächlich behandelten Waldfläche Vollernter für das Fällen und Aufarbeiten des Holzes eingesetzt. Im Mittelland, wo grosse Teile des Waldes befahrbar sind und die nötige Feinerschliessung vorhanden ist, war das sogar auf 25% der Waldfläche der Fall (nicht dargestellt). Die Motorsäge blieb bei der Holzhauerei jedoch das mit Abstand häufigste Arbeitsmittel. So wird auf 85% der Waldfläche die Motorsäge zum Fällen genutzt (nicht dargestellt). Auf 65% der Waldfläche kommt sie nach dem Fällen auch zum Aufarbeiten (Trennschnitte, Entasten usw.) zum Einsatz (nicht dargestellt).

Rückemittel

Die Wahl der Rückemittel ist abhängig von der Erschliessungssituation mit lastwagenbefahrbaren Strassen, der Topografie, der Bodentragfähigkeit sowie der betrieblichen Situation. In der vergangenen Periode (LFI3–LFI4) wurde das Holz in der Schweiz am häufigsten mit Forwardern oder Forstspezialschleppern gerückt. Auf 26% bzw. 25% der Waldfläche mit einem Eingriff kamen diese beiden Maschinentypen zum Einsatz (Tab. **140**). Auf namhaften Flächenanteilen erfolgte das Rücken mit Landwirtschaftstraktoren (15%), Forsttraktoren (11%) und Mobilseilkränen (10%). Konventionelle Seilkräne und Helikopter wurden auf je 5% der Waldfläche eingesetzt.

Betrachtet man dagegen nicht nur die tatsächlich behandelte, sondern die gesamte Waldfläche, dann wäre gemäss den Angaben der Revierförster der Helikopter mit einem Anteil von 21% das wichtigste Rückemittel in der Schweiz, noch vor dem Forstspezialschlepper (18%) und dem Forwarder (17%). Auf den Plätzen 4 und 5 folgen der Mobilseilkran und der konventionelle Seilkran mit Anteilen von 15% und 10% (Tab. **140**). Dabei zeigen sich deutliche regionale Unterschiede: Der Helikopter käme vornehmlich auf der mit lastwagenbefahrbaren Strassen kaum erschlossenen Alpensüdseite (auf 61% der Waldfläche) und in den Alpen (32%) zum Einsatz, der Mobilseilkran in den Alpen (24%) und Voralpen (23%). Das Einsatzgebiet des Forwarders beschränkt sich dagegen weitgehend auf das Mittelland und den Jura, wo die Revierförster ihn auf 43% bzw. 35% der Waldfläche als Rückemittel wählen würden (nicht dargestellt).

Im Vergleich zu den Ergebnissen des LFI3 (Duc *et al.* 2010b) können insbesondere bei den bodengestützten Rückemitteln einige bedeutende Veränderungen festgestellt werden: Der Flächenanteil, auf dem mit Landwirtschaftstraktoren gerückt wurde, hat von 22% auf 15% abgenommen und derjenige, auf dem Forsttraktoren eingesetzt wurden, hat sich von 19% auf 11% reduziert, also nahezu halbiert. Der Forwarder hingegen konnte um 11 Prozentpunkte auf 26% zulegen. Bei den seilgestützten Verfahren gab es eine leichte Verschiebung hin zu mehr Mobilseilkraneinsätzen. Insgesamt sind die Anteile bei den drei Rücketypen bodengestützt, seilgestützt und luftgestützt gleich geblieben.

Rückedistanz

Die Rückedistanz bildet die tatsächliche Strecke ab, über die das Holz vom Fällort (Probeflächenzentrum) an eine Lastwagenstrasse gemäss LFI-Definition (siehe Kap. 2.2) gerückt wird. Die Rückedistanz ist damit in der Regel länger als die direkte Verbindungslinie Probefläche–Strasse. Aus praktischen Gründen wird für die Berechnung der Rückedistanz die Horizontaldistanz und nicht die Schrägdistanz verwendet, auch wenn diese im steilen Gelände die Rückedistanz unterschätzt. Vortransporte auf Strassen mit Breiten-, Höhen- oder Gewichtsbeschränkungen sind in der Rückedistanz nicht berücksichtigt.

In 38% der Schweizer Wälder beträgt die Rückedistanz 100–500 m, in 33% ist die Rückedistanz geringer und in 29% höher (Tab. **141**). Die Unterschiede zwischen den Regionen sind aber sehr gross. So beträgt die Rückedistanz im gut erschlossenen Mittelland auf 66% der Waldfläche maximal 100 m und in weiteren 30% 100–500 m. Ähnlich kurz sind die Rückedistanzen nur im Jura mit Anteilen von 49% bis 100 m und 40% zwischen 100 und 500 m. Von den Voralpen über die Alpen bis zur Alpensüdseite werden die Rückedistanzen länger. So befinden sich in den Voralpen nur noch 28% der Waldfläche in einer Rückedistanz bis 100 m und insgesamt 77% in einer solchen bis 500 m. In den Alpen

140 **Waldfläche nach Einsatzhäufigkeit der einzelnen Rückemittel und Eingriff**

in %
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Rückemittel[1]	Waldfläche mit Eingriff[2]		Waldfläche ohne Eingriff[2]		Gesamt	
	%	±	%	±	%	±
vorliefern von Hand, Reisten	1,5	0,3	1,1	0,2	1,2	0,1
Pferd	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Forstraupe (kleines Raupenfahrzeug mit Seilwinde)	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
Seilwinde einzeln (z. B. Waldrapp)	0,9	0,2	0,5	0,1	0,6	0,1
Landwirtschaftstraktor mit Anbauwinde	15,2	0,8	6,7	0,4	9,6	0,4
Forsttraktor (Landwirtschaftstraktor mit Forstausrüstung)	10,5	0,7	7,1	0,4	8,2	0,4
Forstspezialschlepper	25,3	0,9	13,9	0,5	17,8	0,5
Klemmbank oder Zangenschlepper	5,1	0,5	1,7	0,2	2,9	0,2
Forwarder	25,8	0,9	12,4	0,5	17,0	0,4
Traktor oder Unimog mit Krananhänger oder Nachläufer	3,7	0,4	9,9	0,5	7,8	0,3
Mobilseilkran	9,9	0,6	17,9	0,6	15,1	0,4
konventioneller Seilkran	4,9	0,5	12,6	0,5	10,0	0,4
Seilbahn	0,0	*	0,0	0,0	0,0	0,0
Helikopter	5,1	0,5	29,4	0,7	21,2	0,5
Schlitten	0,0	*	0,0	*	0,0	*
Schiff	0,0	*	0,1	0,1	0,1	0,0
übrige Rückemittel	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1

[1] auf der selben Probefläche können mehrere Rückemittel kombiniert eingesetzt werden
[2] in der Periode LFI3–LFI4
* Schätzfehler nicht berechenbar

WSL/LFI4

betragen die entsprechenden Anteile 19 und 61%, auf der Alpensüdseite lediglich noch 7 und 28%. Geht man davon aus, dass in der Regel bis zu einer Rückedistanz von 500 m bodengestützte und zwischen 500 und 1500 m seilgestützte Verfahren, darüber aber Helikopter eingesetzt werden, dann kann im Mittelland und im Jura das Holz weitgehend mit bodengestützten Verfahren gerückt werden. Die Voralpen und die Alpen sind das Einsatzgelände von boden- und seilgestützten Verfahren. Auf der Alpensüdseite müsste für die Holzrückung dagegen mehrheitlich der Helikopter eingesetzt werden. Denn in dieser Region beträgt die Rückedistanz auf 41% der Waldfläche mehr als 1500 m. Im Vergleich dazu befinden sich in den Alpen lediglich 11% und in den Voralpen 2% der Waldfläche in diesem Distanzbereich. Seit dem LFI3 (Duc *et al.* 2010b) haben sich die Rückedistanzen nicht verändert.

Holzernteverfahren

Das Holzernteverfahren beschreibt die gesamte Arbeitskette der Holzernte vom Fällen über das Aufarbeiten und das Rücken der Bäume. Charakterisieren lassen sich die einzelnen Verfahren mithilfe des Rücketyps (bodengestützt, seilgestützt, luftgestützt), des Mechanisierungsgrads (teilmechanisiert, hochmechanisiert, vollmechanisiert) und des Verfahrenstyps, d. h. ob der Baum als Ganzes (Vollbaum) oder in Sortimente zerlegt gerückt wird (Tab. **142**). Aufgrund der Angaben der Revierförster wurde für jede Probefläche das Holzernteverfahren abgeleitet. Dabei wurde wie zuvor bei den Arbeits- und Rückemitteln gefragt nach dem seit dem LFI3 tatsächlich eingesetzten Verfahren bzw. dem Verfahren, das zum Zug gekommen wäre, wenn auf der Probefläche ein Eingriff durchgeführt worden wäre.

Auf 80% der Waldfläche mit einem Eingriff seit dem LFI3 sind bodengestützte Verfahren eingesetzt worden. Seilgestützte kamen auf 15% und luftgestützte auf 5% der Waldfläche zum Zug. Mit einem Anteil von 48% mit Abstand am häufigsten war das teilmechanisierte Verfahren «Holzhauerei motormanuell, Rücken mit Schlepper». Auf den Plätzen zwei und drei folgen das vollmechanisierte Verfahren «Fällen und Aufarbeiten mit Rad-/Raupenvollernter, Rücken mit Forwarder» (14%) und das teilmechanisierte Verfahren «Holzhauerei motormanuell, Vorliefern mit Schlepperseilwinde, Rücken mit Forwarder» (11%). Die Holzernte hat seit dem LFI3 (Duc *et al.* 2010b) einen Mechanisierungsschub erfahren. Das äussert sich beispielsweise darin, dass das teilmechanisierte Verfahren «Holzhauerei motormanuell, Rücken mit Schlepper» nur noch auf 48% der Waldfläche zum Einsatz gelangte und nicht mehr auf 62%, sich dafür aber der mit Vollerntern behandelte Waldflächenanteil von 7% auf 14% verdoppelte und auch mehr mit Forwardern als mit Schleppern gerückt wurde (4 Prozentpunkte mehr). Aber auch die seil- und luftgestützten Holzernteverfahren erfolgten höher mechanisiert. Bei diesen beiden Verfahrensgruppen wird das Holz mittlerweile mehrheitlich in

141 **Waldfläche nach Rückedistanz**

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Rückedistanz in m	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
bis 50	36,3	1,5	46,7	1,5	16,3	1,1	12,3	0,7	4,0	0,7	22,5	0,5
51–100	12,2	1,0	19,4	1,2	11,5	1,0	6,8	0,6	3,1	0,6	10,5	0,4
101–500	40,1	1,5	30,4	1,4	49,0	1,5	42,3	1,1	21,1	1,4	38,1	0,6
501–1000	9,3	0,9	3,1	0,5	17,0	1,1	20,9	0,9	18,8	1,4	14,6	0,4
1001–1500	1,2	0,3	0,3	0,2	4,2	0,6	6,9	0,6	12,3	1,2	4,9	0,3
1501–2000	0,8	0,3	0,0	*	1,3	0,3	3,0	0,4	10,0	1,1	2,7	0,2
über 2000	0,0	*	0,2	0,1	0,7	0,3	7,8	0,6	30,7	1,6	6,7	0,3
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

* Schätzfehler nicht berechenbar

142 Waldfläche nach Holzernteverfahren und Eingriff

in %
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Befahrbarkeit	Holzernteverfahren		Mechanisierungsgrad[2]	Verfahrenstyp	Waldfläche mit Eingriff[1]		Waldfläche ohne Eingriff[1]		Gesamt	
					%	±	%	±	%	±
Gelände befahrbar	bodengestützte Verfahren	Holzhauerei motormanuell, Rücken mit Schlepper	teilm.	Sortiment	48,2	1,1	25,1	0,7	33,0	0,6
		Holzhauerei motormanuell, Vorliefern mit Schlepperseilwinde, Rücken mit Forwarder	teilm.	Sortiment	11,2	0,7	6,1	0,4	7,9	0,3
		Fällen motormanuell, Rücken mit Schlepper, Aufarbeiten mit Prozessor	hochm.	Vollbaum	5,4	0,5	2,6	0,2	3,5	0,2
		Fällen und Aufarbeiten mit Rad-/Raupenvollernter, Rücken mit Forwarder	vollm.	Sortiment	14,1	0,8	4,9	0,3	8,0	0,3
		Fällen motormanuell, Vorliefern mit Schlepperseilwinde, Hacken mit Mobilhacker auf Forwarder	hochm.	Vollbaum	0,8	0,2	0,6	0,1	0,6	0,1
Gelände nicht befahrbar	seilgestützte Verfahren	Holzhauerei motormanuell, Rücken mit Mobilseilkran	teilm.	Sortiment	2,8	0,4	4,8	0,3	4,1	0,3
		Holzhauerei motormanuell, Rücken mit konventionellem Seilkran	teilm.	Sortiment	2,8	0,4	7,4	0,4	5,8	0,3
		Fällen motormanuell, Rücken mit Mobilseilkran, Aufarbeiten mit Prozessor	hochm.	Vollbaum	6,8	0,5	11,9	0,5	10,2	0,4
		Fällen motormanuell, Rücken mit konventionellem Seilkran, Aufarbeiten mit Prozessor	hochm.	Vollbaum	2,2	0,3	6,1	0,4	4,7	0,3
	luftgestützte Verfahren	Fällen und Aufarbeiten motormanuell, Rücken mit Helikopter	teilm.	Sortiment	0,6	0,2	3,3	0,3	2,4	0,2
		Fällen motormanuell, Rücken mit Helikopter, Aufarbeiten mit Prozessor	hochm.	Vollbaum	4,5	0,4	26,0	0,6	18,6	0,4
		andere Holzernteverfahren			0,7	0,2	1,3	0,2	1,1	0,1
		Total			**100**		**100**		**100**	

[1] Eingriff in der Periode LFI3–LFI4
[2] Mechanisierungsgrad: teilm. = teilmechanisiert, hochm. = hochmechanisiert, vollm. = vollmechanisiert

WSL/LFI4



Im steilen Gelände kommen vermehrt Mobilseilkräne zum Einsatz; Rothenthurm SZ.

Form von Vollbäumen an die Strasse gebracht und dort mit dem Prozessor aufgearbeitet. Insgesamt sind seit dem LFI3 auf 66% der Waldfläche teilmechanisierte, auf 20% hochmechanisierte und auf 14% vollmechanisierte Holzernteverfahren eingesetzt worden (Tab. **142**). Im LFI3 betrugen die entsprechenden Anteile noch 84%, 8% und 7% (Duc *et al.* 2010b).

Berücksichtigt man die gesamte Waldfläche, also auch diejenige ohne Eingriff in der vergangenen Periode, dann wäre das teilmechanisierte Holzernteverfahren «Holzhauerei motormanuell, Rücken mit Schlepper» nach wie vor das wichtigste. Es würde aber nur noch auf 33% der Waldfläche eingesetzt (15 Prozentpunkte weniger). Auch das vollmechanisierte Verfahren «Fällen und Aufarbeiten mit Rad-/Raupenvollernter, Rücken mit Forwarder» hätte mit 8% einen deutlich geringeren Anteil (6 Prozentpunkte weniger). Markant öfter einsetzen würden die Revierförster dagegen mit einem Anteil von 19% (15 Prozentpunkte mehr) das hochmechanisierte Verfahren «Fällen motormanuell, Rücken mit Helikopter, Aufarbeiten mit Prozessor». Insgesamt würde sich eine bedeutende Verschiebung von den relativ günstigen bodengestützten zu den teuren seilgestützten und den sehr teuren luftgestützten Verfahren ergeben. Denn im tatsächlich gepflegten Wald haben die drei Verfahrensgruppen Anteile von 80, 15 und 5%, im gesamten Wald jedoch von 53, 25 und 21% (Tab. **142**).

Ausführung der Holzernte

Im Rahmen der Umfrage bei den Revierförstern wird pro Probefläche auch erfasst, wer die Holzernte (Fällen, Aufarbeiten, Rücken) ausführt. Auf 29% der Waldfläche erfolgt sie vollständig in Eigenregie durch die Waldeigentümer bzw. Forstbetriebe und auf 53% vollständig durch private Forstunternehmen, inklusive Stehendverkäufe auf 1% der Waldfläche. Auf 18% der Waldfläche werden Unternehmer für Teilarbeiten beigezogen, hauptsächlich fürs Rücken (16%; nicht dargestellt). Seit dem LFI3 (Duc *et al.* 2010b) hat die Holzernte vollständig in Eigenregie um 7 Prozentpunkte abgenommen, die teilweise oder vollständige Ausführung durch Unternehmer dafür um 1 bzw. 6 Prozentpunkte zugenommen. Der vermehrte Unternehmereinsatz geht mit der zunehmenden Mechanisierung einher,

da die leistungsfähigen, aber teuren Vollernter, Prozessoren, Forwarder und Mobilseilkräne mehrheitlich nur von spezialisierten Forstunternehmen genügend ausgelastet werden können.

Im Privatwald wird mit einem Anteil von 59% der Waldfläche die Holzernte deutlich öfter als im öffentlichen Wald (48%) vollständig durch Unternehmer ausgeführt. Geringfügig höher ist auch der Eigenregie-Anteil (31% zu 29%). Entsprechend werden im Privatwald Forstunternehmen deutlich seltener nur für Teilarbeiten engagiert. Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass diejenigen Privatwaldbesitzer, die über forstliches Know-how verfügen, auch geeignete Rückemittel, insbesondere Landwirtschaftstraktoren, besitzen und diese auch einsetzen wollen (nicht dargestellt).

Holzernteaufwand

Der potenzielle Holzernteaufwand ist eine Schätzung des Aufwands (Fr./m^3) für die Bereitstellung des Holzes an der Waldstrasse. Er umfasst den Aufwand für die Holzhauerei und das Rücken des Holzes, ohne Aufwand für Anzeichnung, Entrindung, Vortransporte auf Waldstrassen und Schlagräumung. Er wurde mit dem Holzernte-Produktivitätsmodell HeProMo berechnet (WSL 2016). Eingangsgrössen sind neben gesamtschweizerisch einheitlichen Kostensätzen und Modellannahmen Baum-, Bestandes- und Flächenmerkmale sowie die im Rahmen der Umfrage bei den Revierförstern pro Probefläche erhobenen Holzernteverfahren.

Der potenzielle Holzernteaufwand ist stark abhängig vom Rückeaufwand und dieser von der Erschliessung mit Waldstrassen und von den Geländeverhältnissen. Es erstaunt daher nicht, dass der potenzielle Holzernteaufwand das Relief der Schweiz recht treffend wiedergibt und grosse regionale Unterschiede zeigt (Abb. **143**). Verhältnismässig kostengünstig beernten lässt sich der zugängliche Wald ohne Gebüschwald im Mittelland und im Jura (Tab. **144**). In diesen beiden Regionen beträgt der potenzielle Holzernteaufwand auf 60 bzw. 55% der **Waldfläche** maximal 50 Fr./m^3. Auf 29 bzw. 35% der Fläche bewegt er sich zudem zwischen 51 und 100 Fr./m^3, sodass in diesen beiden Regionen auf nahezu 90% der Fläche die Holzernte potenziell maximal 100 Fr./m^3 kostet. Im Gegensatz dazu ist der potenzielle Holzernteaufwand in den Voralpen, den Alpen und insbesondere auf der Alpensüdseite bedeutend höher. In den Voralpen könnten immerhin noch 72% der Waldfläche mit einem Aufwand von maximal 100 Fr./m^3 beerntet werden. In den Alpen sind es 48% und auf der Alpensüdseite lediglich noch 24%. Rechnet man diese Verhältnisse auf, so zeigt sich, dass in der Schweiz auf nur 26% des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald mit einem Holzernteaufwand von maximal 50 Fr./m^3 gerechnet werden darf. Auf 38% der Waldfläche dürfte er sich zwischen 50 und 100 Fr./m^3 bewegen und auf 32% der Waldfläche gar über 100 Fr./m^3 liegen, und das zum Teil sehr deutlich. Wird jedoch nur die Waldfläche betrachtet, auf der in der Periode LFI3–LFI4 ein Eingriff erfolgte, liegt der potenzielle Holzernteaufwand nur auf 16% der Fläche über 100 m^3/ha (nicht dargestellt). In Wäldern mit kostengünstigen Erntebedingungen wurde damit bevorzugt eingegriffen.

Neben den Flächenanteilen interessiert auch die Verteilung des Vorrats nach Holzernteaufwandklassen (Tab. **145**). Gesamtschweizerisch können 36% des Vorrats mit einem potenziellen Holzernteaufwand bis

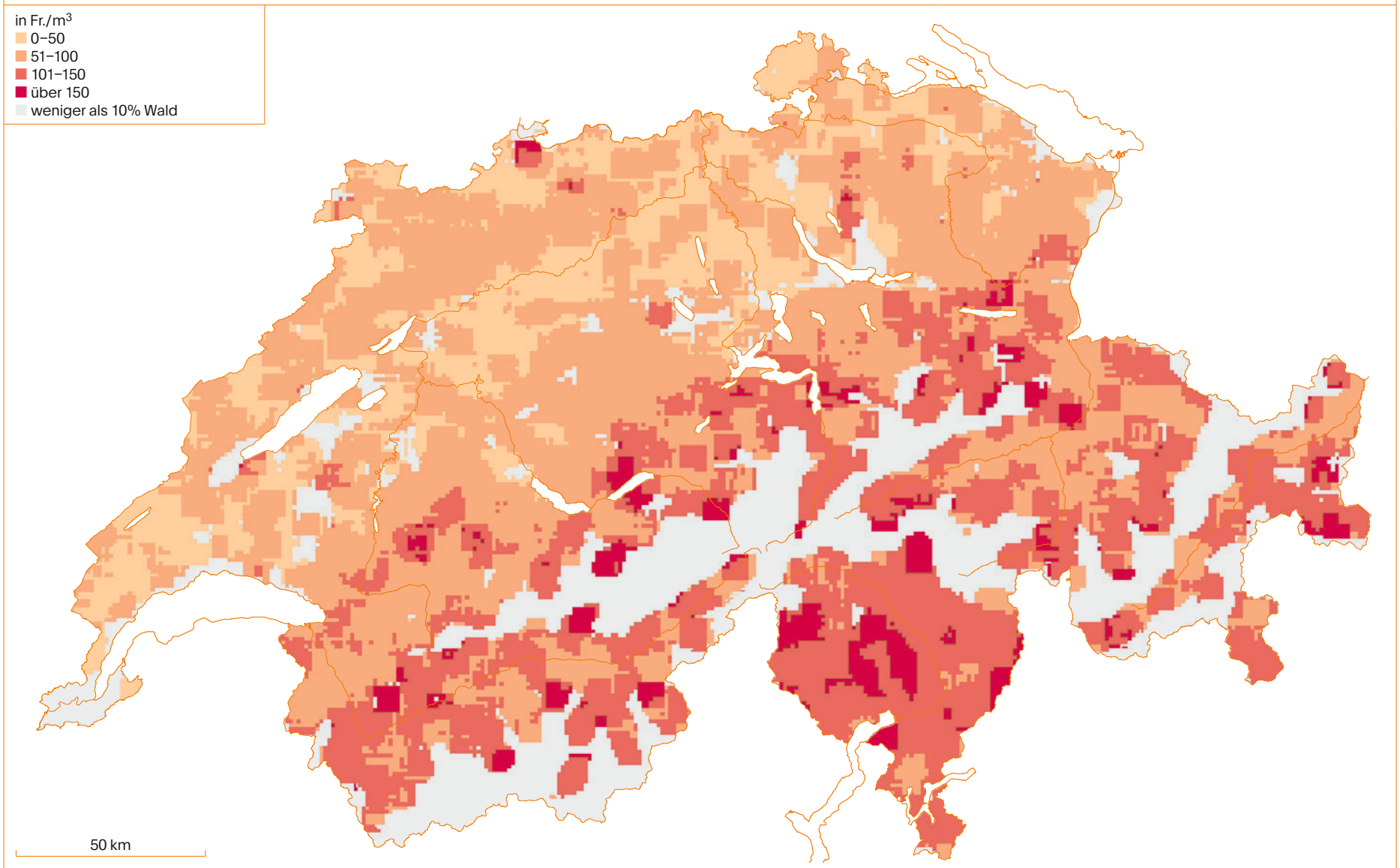


Im befahrbaren Gelände werden Forwarder, Forstspezialschlepper (im Bild) und Landwirtschaftstraktoren für das Holzrücken eingesetzt; Muttenz BL.

WSL/LFI4

143 Potenzieller Holzernteaufwand

Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald



Zur Interpretation von Karten mit gleitenden Mittelwerten siehe Kapitel 1.4

WSL/LFI4

50 Fr./m³ und 79% mit einem Holzernteaufwand bis 100 Fr./m³ geerntet werden (Tab **145**). Im Mittelland belaufen sich die entsprechenden Anteile auf 74% und 97%, im Jura auf 64% und 97%. Der Vorratsanteil, der nur mit einem Holzernteaufwand von mehr als 100 Fr./m³ geerntet werden könnte, ist erwartungsgemäss im Alpenraum am höchsten. Er beträgt in den Voralpen 15%, in den Alpen 35% und auf der Alpensüdseite 66%. Im Vergleich zum LFI3 (Duc *et al.* 2010b) ist der Vorratsanteil in den Aufwandklassen über 100 Fr./m³ in den Alpen um 11 Prozentpunkte und auf der Alpensüdseite um 7 Prozentpunkte zurückgegangen. Grund dafür ist, dass die Revierförster auf einem Teil der Waldfläche heute andere, günstigere Rückemittel einsetzen würden (z. B. Mobilseilkräne statt konventionelle Seilkräne).

Wird die tatsächliche **Nutzung** in der Periode LFI3–LFI4 betrachtet, zeigt sich, dass schweizweit 40% derselben mit einem potenziellen Holzernteaufwand von maximal 50 Fr./m³ realisiert worden sind (nicht dargestellt). Zwischen den Produktionsregionen sind die Unterschiede sehr gross. Im Mittelland betrug der potenzielle Holzernteaufwand für 57% der Nutzung weniger als 50 Fr./m³. Auf der Alpensüdseite belief er sich dagegen für 48% der Nutzung auf über 100 Fr./m³.

144 **Waldfläche nach potenziellem Holzernteaufwand**

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Holzernteaufwand	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
bis 50 Fr./m³	54,6	1,5	59,6	1,3	18,6	1,1	5,5	0,5	3,4	0,6	26,1	0,5
51–75 Fr./m³	25,9	1,4	21,8	1,2	27,5	1,3	14,5	0,8	6,6	0,9	19,2	0,5
76–100 Fr./m³	9,2	0,9	6,8	0,7	25,8	1,3	28,3	1,0	13,9	1,2	18,7	0,5
101–125 Fr./m³	3,0	0,5	2,6	0,5	14,8	1,1	25,0	1,0	25,3	1,5	15,2	0,4
126–150 Fr./m³	2,2	0,5	2,0	0,4	4,6	0,6	11,0	0,7	26,2	1,5	8,7	0,3
über 150 Fr./m³	1,1	0,3	3,3	0,5	4,8	0,6	11,7	0,7	21,1	1,4	8,3	0,3
keine Angabe	3,9	0,6	4,0	0,6	3,9	0,6	4,0	0,4	3,4	0,6	3,9	0,2
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

145 **Vorrat nach potenziellem Holzernteaufwand**

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Holzernteaufwand	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
bis 50 Fr./m³	64,4	1,7	74,0	1,5	27,4	1,7	9,0	0,9	5,7	1,2	36,3	0,7
51–75 Fr./m³	24,8	1,5	18,8	1,3	32,1	1,8	21,2	1,3	7,4	1,1	22,6	0,7
76–100 Fr./m³	8,0	1,0	4,3	0,6	26,0	1,6	35,2	1,4	20,6	2,0	20,5	0,6
101–125 Fr./m³	1,7	0,4	1,4	0,3	11,2	1,0	24,1	1,2	30,7	2,1	13,0	0,5
126–150 Fr./m³	0,7	0,2	0,8	0,4	2,3	0,4	7,0	0,6	24,8	1,9	5,1	0,3
über 150 Fr./m³	0,4	0,2	0,7	0,2	1,1	0,2	3,5	0,4	10,9	1,2	2,5	0,2
keine Angabe	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

4.4 Zuwachs, Nutzung und Mortalität

- In der Periode LFI3–LFI4 beträgt der Zuwachs (= Bruttozuwachs) 10,8 Mio. m^3/Jahr, was 9,0 m^3/ha/Jahr entspricht. Der Nettozuwachs, d. h. der Bruttozuwachs abzüglich der natürlichen Mortalität, beläuft sich auf 7,6 m^3/ha/Jahr.
- Nutzung und Mortalität betragen zusammen 9,3 Mio. m^3/Jahr, wovon 7,6 Mio. m^3 (82%) auf die Nutzung entfallen.
- Sowohl der Zuwachs als auch Nutzung und Mortalität haben im Vergleich zur Vorperiode tendenziell zugenommen.
- Schweizweit werden 88% des Zuwachses genutzt oder gehen durch Mortalität verloren, deutlich weniger als in der Vorperiode (95%). Im Privatwald ist die Zuwachsabschöpfung erstmals tendenziell höher als im öffentlichen Wald.

Zuwachs, Nutzung und Mortalität sind wichtige forstliche Kenngrössen, die zum Beispiel Aussagen über die Produktivität der Wälder und die Nachhaltigkeit der Holznutzung erlauben. Für die Berechnung dieser Veränderungsgrössen sind die Daten von zwei Aufnahmezeitpunkten bzw. Inventuren nötig, und die Unterschiede werden pro Baum ermittelt. Dies bedeutet, dass in Veränderungsauswertungen nur diejenigen Probeflächen einbezogen werden können, die zu beiden Inventurzeitpunkten aufgenommen worden sind. Neu eingewachsene Waldflächen werden somit nicht berücksichtigt. Alle in diesem Unterkapitel ausgewiesenen Volumenangaben beziehen sich auf das Schaftholz, also das oberirdische Holz des Baumschafts vom Stammanlauf bis zum Baumwipfel inklusive Rinde und Stock, nicht aber auf das Astholz (Kap. 2, Abb. **049**).

Zuwachs

Im LFI wird mehrheitlich der **Bruttozuwachs** verwendet, und das LFI bezeichnet diesen als «Zuwachs». Berechnet wird der Bruttozuwachs aus drei Komponenten: 1) der Volumenzunahme derjenigen Bäume, die die ganze Inventurperiode überlebt haben, 2) dem Volumen der Bäume, die während der Inventurperiode über die Kluppschwelle von 12 cm eingewachsen sind («Einwüchse»), und 3) der für die halbe Inventurperiode modellierten Volumenzunahme der genutzten und abgestorbenen Bäume. Die Berechnung der dritten Komponente erfolgt mit baumartenspezifischen, regional angepassten Wachstumsmodellen und geht von der Annahme aus, dass jedes Jahr ungefähr gleich viele Bäume geerntet werden oder absterben. Im Gegensatz dazu wird unter dem **Nettozuwachs** der Bruttozuwachs abzüglich der natürlichen Mortalität verstanden. Der Nettozuwachs wird oft der Nutzung gegenübergestellt, um zu beurteilen, ob der Holzeinschlag nachhaltig erfolgt.

In der Periode LFI3–LFI4 beläuft sich der **Zuwachs** (= Bruttozuwachs) durchschnittlich auf 10,8 Mio. m^3/Jahr, was 9,0 m^3/ha/Jahr entspricht (Tab. **146** und **147**). Der Nettozuwachs beträgt 9,1 Mio. m^3/Jahr oder 7,6 m^3/ha/Jahr.

Im Privatwald ist der Zuwachs mit 10,3 m^3/ha/Jahr deutlich höher als im öffentlichen Wald, wo er sich auf 8,4 m^3/ha/Jahr beläuft. Die Differenz zwischen den Eigentumskategorien ist wohl weniger auf die Waldbewirtschaftung zurückzuführen als auf die Standortgüte.

Die Unterschiede zwischen den Produktionsregionen sind beträchtlich. Die zuwachsreichsten Wälder befinden sich im Mittelland. Hier beträgt der Zuwachs im Durchschnitt 13,2 m^3/ha/Jahr. In den Alpen (6,7 m^3/ha/Jahr) und auf der Alpensüdseite (6,2 m^3/ha/Jahr) ist der Zuwachs nur halb so hoch. Auch in vergleichbarer Höhenlage bleiben die Unterschiede bestehen (Tab. **148**). Im Mittelland und in den Voralpen beträgt der Zuwachs in der Höhenstufe 601–1000 m ü. M. zum Beispiel 14,1 bzw. 13,2 m^3/ha/Jahr, in den Alpen und auf der Alpensüdseite aber lediglich 7,4 m^3/ha/Jahr und 5,8 m^3/ha/Jahr.

146 Zuwachs und Nettozuwachs nach Eigentum

in 1000 m^3/Jahr pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

	Eigentum	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
		1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %
Zuwachs[1]	öffentlicher Wald	1369	4	1657	4	1086	5	1867	4	642	7	6717	2
	privater Wald	479	9	1319	5	1268	5	732	7	264	12	4100	3
	Total	**1848**	**3**	**2973**	**3**	**2353**	**3**	**2597**	**3**	**908**	**5**	**10811**	**1**
Nettozuwachs	öffentlicher Wald	1215	4	1525	4	962	6	1376	6	468	10	5655	2
	privater Wald	407	10	1171	6	1086	6	597	9	188	16	3487	3
	Total	**1622**	**4**	**2694**	**3**	**2047**	**4**	**1968**	**4**	**657**	**8**	**9136**	**2**

[1] Zuwachs = Bruttozuwachs

147 Zuwachs und Nettozuwachs nach Eigentum

in m^3/ha/Jahr pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

	Eigentum	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
		m^3/ha/Jahr	± %	m^3/ha/Jahr	± %	m^3/ha/Jahr	± %	m^3/ha/Jahr	± %	m^3/ha/Jahr	± %	m^3/ha/Jahr	± %
Zuwachs[1]	öffentlicher Wald	9,2	5	12,2	6	10,4	8	6,4	6	5,8	10	8,4	3
	privater Wald	8,5	13	14,5	7	10,6	7	7,5	10	7,4	19	10,3	4
	Gesamt	**9,0**	**5**	**13,2**	**4**	**10,5**	**5**	**6,7**	**5**	**6,2**	**9**	**9,0**	**2**
Nettozuwachs	öffentlicher Wald	7,9	7	11,1	6	9,0	9	5,0	8	4,4	15	7,1	4
	privater Wald	7,6	15	13,3	7	8,7	10	6,2	12	4,6	28	8,7	5
	Gesamt	**7,8**	**6**	**12,0**	**4**	**8,8**	**6**	**5,3**	**7**	**4,5**	**13**	**7,6**	**3**

[1] Zuwachs = Bruttozuwachs

WSL/LFI4

Die Nadelbäume tragen mit 7,3 Mio. m^3/Jahr doppelt so viel zum Zuwachs bei wie die Laubbäume, deren Zuwachs 3,6 Mio. m^3/Jahr beträgt (Tab. **149**). Die wichtigste Nadelbaum- und die wichtigste Laubbaumart im Schweizer Wald – die Fichte und die Buche – leisten zusammen 61% des gesamten Zuwachses (Fichte: 43%, Buche: 18%), wobei zu beachten ist, dass diese beiden Baumarten auch die grössten Vorratsanteile aufweisen (Kap. 2.3). Die Fichte leistet mit Anteilen von 31 bis 59% in allen Produktionsregionen den höchsten Beitrag zum Zuwachs. Je nach Region folgen auf Platz zwei verschiedene Baumarten: Im Jura und im Mittelland die Buche, in den Voralpen die Tanne, in den Alpen gleichauf die Tanne und die Buche und auf der Alpensüdseite die Kastanie, die Buche und die Lärche. Die genannten Zahlen verdeutlichen die grosse Bedeutung der Fichte für die Schweizer Waldwirtschaft.

148 Zuwachs nach Höhenlage

in m^3/ha/Jahr pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

m ü. M.	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	m^3/ha/Jahr	± %	m^3/ha/Jahr	± %	m^3/ha/Jahr	± %	m^3/ha/Jahr	± %	m^3/ha/Jahr	± %	m^3/ha/Jahr	± %
über 1800	0,0	*	0,0	*	6,8	26	4,7	8	3,9	19	4,6	7
1401–1800	2,3	69	6,5	14	7,8	9	7,0	5	6,5	9	7,0	4
1001–1400	9,4	5	9,3	20	10,2	5	8,1	6	6,2	11	8,8	3
601-1000	9,6	4	14,1	4	13,2	5	7,4	8	5,8	13	11,0	2
bis 600	9,6	6	12,7	3	9,5	17	10,0	17	7,1	12	11,3	3
Total	**9,4**	**3**	**13,2**	**2**	**10,9**	**3**	**7,0**	**3**	**6,1**	**5**	**9,3**	**1**

* Schätzfehler nicht berechenbar

149 Zuwachs nach Hauptbaumart

in 1000 m^3/Jahr pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

Hauptbaumart	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %
Fichte	567	7	1069	5	1138	5	1531	4	281	10	4604	2
Tanne	447	6	548	7	657	6	186	11	43	24	1940	4
Föhre	26	31	37	18	7	62	84	18	9	46	163	12
Lärche	3	69	45	20	8	40	303	8	109	16	448	7
Arve	0	*	0	*	1	71	47	17	0	53	47	16
übrige Nadelhölzer	14	46	36	30	1	**	3	39	1	94	58	23
Total Nadelholz	**1058**	**5**	**1736**	**4**	**1812**	**4**	**2155**	**3**	**442**	**8**	**7259**	**2**
Buche	516	6	692	5	365	8	183	13	111	21	1933	3
Ahorn	70	15	112	15	68	18	60	17	20	36	337	8
Esche	92	12	192	11	74	17	45	27	48	22	463	7
Eiche	44	19	88	14	4	76	9	38	24	26	176	10
Kastanie	0	*	4	88	0	*	1	**	113	20	109	20
übrige Laubhölzer	68	15	149	12	29	22	144	12	149	12	533	6
Total Laubholz	**790**	**5**	**1237**	**4**	**541**	**7**	**442**	**8**	**466**	**8**	**3552**	**3**
Total	**1848**	**3**	**2973**	**3**	**2353**	**3**	**2597**	**3**	**908**	**5**	**10811**	**1**

* Schätzfehler nicht berechenbar
** Schätzfehler ≥ 100%

Im Vergleich zur Vorperiode (LFI2–LFI3) hat der jährliche Zuwachs pro Hektare in der aktuellen Periode (LFI3–LFI4) in der Tendenz zugenommen (Duc *et al.* 2010b, Tab. 148). Der jährliche Nettozuwachs pro Hektare hat etwas stärker zugenommen. Diese Zunahmen können weitgehend mit der geringeren Mortalität in der aktuellen Periode erklärt werden. In der Vorperiode hatte der Orkan Lothar einen Teil des potenziellen Zuwachses zunichte gemacht.

Nutzung und Mortalität

Der Doppelbegriff «Nutzung und Mortalität» bezeichnet im LFI das Schaftholzvolumen aller Bäume, die zwischen zwei aufeinanderfolgenden Inventuren genutzt wurden, abgestorben oder verschwunden sind. Um Nutzung und Mortalität zu berechnen, wird zum gemessenen Volumen der genutzten, abgestorbenen oder verschwundenen Bäume zum Zeitpunkt der ersten Inventur die modellierte Volumenzunahme all dieser Bäume während einer halben Inventurperiode dazugezählt. Die Komponente «Nutzung» umfasst dabei die tatsächlich forstlich genutzten Bäume. Diese können im Feld so gut wie immer erkannt werden. Die Komponente «Mortalität» setzt sich zusammen aus den «natürlichen Abgängen» – das ist das Volumen derjenigen abgestorbenen Bäume, die von der Probefläche verschwunden sind, weil sie zum Beispiel wegrollten – und der «verbleibenden Mortalität», d. h. aus dem Volumen derjenigen abgestorbenen Bäume, die noch als Totholz auf der Probefläche vorhanden sind. Zwangsnutzungen (siehe Kap. 3.4) werden im LFI damit zu den Nutzungen gezählt. Eine andere Zuordnung ist nicht möglich, da im Rahmen der Aufnahme der Probefläche im Gelände Zwangsnutzungen in der Regel nicht von «normal» genutzten Bäumen unterschieden werden können.

In der Periode LFI3–LFI4 belaufen sich **Nutzung und Mortalität** auf 9,3 Mio. m^3/Jahr, was 8,0 m^3/ha/Jahr entspricht (Tab. **150** und **151**). Davon entfallen 7,6 Mio. m^3/Jahr oder 82% auf die **Nutzung** (6,5 m^3/ha/Jahr) und 1,7 Mio. m^3/Jahr oder 18% (1,4 m^3/ha/Jahr)



Zuwachsreicher Bestand in Bellikon AG.

WSL/LFI4

150 Nutzung und Mortalität

in 1000 m^3/Jahr pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %
Nutzung	1430	7	3004	5	1827	8	951	10	135	21	7587	3
natürliche Abgänge	31	18	76	23	57	22	114	14	43	24	319	9
verbleibende Mortalität	194	10	203	10	249	10	514	8	208	11	1356	4
Nutzung und Mortalität	**1656**	**6**	**3283**	**5**	**2133**	**7**	**1579**	**7**	**386**	**11**	**9261**	**3**

151 **Nutzung und Mortalität nach Eigentum**

in m^3/ha/Jahr pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

	Eigentum	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
		m^3/ha/Jahr	± %	m^3/ha/Jahr	± %	m^3/ha/Jahr	± %	m^3/ha/Jahr	± %	m^3/ha/Jahr	± %	m^3/ha/Jahr	± %
Nutzung	öffentlicher Wald	7,4	7	12,5	6	7,3	12	2,6	11	0,8	29	5,8	4
	privater Wald	6,7	17	14,5	8	9,7	10	2,6	22	1,4	28	8,1	6
	Gesamt	**7,3**	**7**	**13,3**	**5**	**8,5**	**8**	**2,6**	**10**	**0,9**	**21**	**6,5**	**3**
Mortalität	öffentlicher Wald	1,0	11	1,0	13	1,2	15	1,8	8	1,5	14	1,4	5
	privater Wald	1,5	17	1,6	14	1,7	13	1,4	15	2,3	13	1,6	7
	Gesamt	**1,1**	**9**	**1,2**	**10**	**1,4**	**10**	**1,7**	**7**	**1,7**	**10**	**1,4**	**4**
Nutzung und Mortalität	öffentlicher Wald	8,5	6	13,5	6	8,5	11	4,3	8	2,3	15	7,2	4
	privater Wald	8,2	14	16,1	7	11,4	9	4,0	16	3,7	12	9,7	5
	Gesamt	**8,4**	**6**	**14,5**	**5**	**9,9**	**7**	**4,3**	**7**	**2,6**	**11**	**8,0**	**3**



Im Mittelland wurde auch zwischen dem LFI3 und dem LFI4 mehr Fichtenholz genutzt als nachgewachsen ist; Bremgarten AG.

auf die **Mortalität**. Die Unterschiede zwischen den Regionen sind allerdings sehr gross. So betragen Nutzung und Mortalität im Mittelland 14,5 m^3/ha/Jahr, in den Alpen dagegen lediglich 4,3 m^3/ha/Jahr und auf der Alpensüdseite mit 2,6 m^3/ha/Jahr noch weniger. Neben diesem Mengenunterschied sind auch markante Unterschiede in den Anteilen, die die Nutzung und die Mortalität einnehmen, festzustellen: Im Mittelland entfallen 92% auf die Nutzung und 8% auf die Mortalität. In den Alpen beträgt das Verhältnis 60% zu 40% und auf der Alpensüdseite 35% zu 65%. Daraus ergibt sich, dass im Mittelland 40% der Schweizer Nutzungsmenge bereitgestellt werden (Tab. **150**).

Pro Hektare sind Nutzung und Mortalität im öffentlichen Wald mit 7,2 m^3/ha/Jahr um 20% geringer als im Privatwald, wo sie 9,7 m^3/ha/Jahr betragen (Tab. **151**). Schlüsselt man auf, zeigt sich, dass im öffentlichen Wald auch die Nutzung pro Hektare geringer als im Privatwald ist (5,8 bzw. 8,1 m^3/ha/Jahr). Fast gleich hoch ist dagegen die Mortalität in den beiden Eigentumskategorien (1,4 m^3/ha/Jahr bzw. 1,6 m^3/ha/Jahr).

Von Nutzung und Mortalität entfallen 72% auf Nadel- und 28% auf Laubbäume (Tab. **152**). Im Mittelland (68%), im Jura (63%) und auf der Alpensüdseite (44%) ist der Nadelholzanteil an Nutzung und Mortalität deutlich tiefer als in den Voralpen (82%) und Alpen (83%), was die Nadel- und Laubholzanteile des lebenden Bestandes in den Regionen widerspiegelt. Im Schweizer Mittel ist die Mortalität in allen Höhenlagen etwa gleich. Die Nutzung nimmt dagegen mit zunehmender Höhenlage

152 Nutzung und Mortalität nach Hauptbaumart

in 1000 m^3/Jahr pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

Hauptbaumart	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	1000 m^3/ha	± %	1000 m^3/ha	± %	1000 m^3/ha	± %	1000 m^3/ha	± %	1000 m^3/ha	± %	1000 m^3/ha	± %
Fichte	588	10	1535	7	1174	9	963	9	120	30	4465	4
Tanne	398	13	521	11	577	11	76	20	18	44	1651	6
Föhre	51	19	113	20	5	49	102	16	6	60	283	11
Lärche	0	*	49	35	1	**	153	15	26	33	223	13
Arve	0	*	0	*	0	*	21	45	0	*	20	45
übrige Nadelhölzer	5	49	23	49	0	100	1	57	0	*	31	39
Total Nadelholz	**1042**	**8**	**2241**	**6**	**1757**	**8**	**1316**	**8**	**170**	**23**	**6672**	**4**
Buche	393	9	630	9	264	16	126	25	23	30	1497	6
Ahorn	53	20	71	15	21	24	10	32	4	47	166	11
Esche	75	18	148	14	37	28	21	27	11	32	305	10
Eiche	29	29	109	19	4	54	6	76	13	37	168	15
Kastanie	0	*	2	58	0	*	0	*	79	18	75	17
übrige Laubhölzer	64	17	81	18	49	20	101	16	86	15	379	8
Total Laubholz	**614**	**8**	**1042**	**7**	**376**	**12**	**263**	**14**	**215**	**10**	**2589**	**4**
Total	**1656**	**6**	**3283**	**5**	**2133**	**7**	**1579**	**7**	**386**	**11**	**9261**	**3**

* Schätzfehler nicht berechenbar
** Schätzfehler ≥ 100%

WSL/LFI4

ab (Tab. **153**). Unterhalb von 600 m ü. m. liegt die Nutzung bei 10,7 m^3/ha/Jahr, zwischen 600 und 1200 m ü. m. bei 8,3 m^3/ha/Jahr und oberhalb von 1200 m ü. m. bei 2,2 m^3/ha/ Jahr.

Mit Anteilen von 74% und 26% verteilt sich die Nutzung von 7,6 Mio. m^3/Jahr (Tab. **155**) sehr ähnlich auf das Nadel- und das Laubholz wie Nutzung und Mortalität zusammen. Gesamtschweizerisch liegt der Anteil der Fichte an der Nutzung bei 49%, gefolgt von der Tanne mit 19% und der Buche mit 17% (Tab. **155**). Die Fichte ist in allen Regionen die am meisten genutzte Baumart, ihr Anteil variiert jedoch in einem relativ breiten Bereich: In den Voralpen und Alpen beträgt der Fichtenanteil an der Nutzung 55% bzw. 64%, im Jura jedoch nur 37%. Im Mittelland entspricht er mit 48% praktisch dem schweizerischen Durchschnitt.

Der Vergleich mit der Periode LFI2–LFI3 zeigt, dass Nutzung und Mortalität insgesamt tendenziell zugenommen haben. Damals betrugen sie 9,1 Mio. m^3/Jahr (bzw. bezogen auf die damalige Waldfläche 8,2 m^3/ha/Jahr; Duc *et al.* 2010b, Tab. 152 und 154). Heute sind es 9,3 Mio. m^3/Jahr (8,0 m^3/ha/Jahr; Tab. **151**). Das Verhältnis zwischen Nutzung und Mortalität (LFI2–LFI3:

153 Nutzung und Mortalität nach Höhenlage

in m^3/ha/Jahr pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

	m ü. M.	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
		m^3/ha/Jahr	± %	m^3/ha/Jahr	± %	m^3/ha/Jahr	± %	m^3/ha/Jahr	± %	m^3/ha/Jahr	± %	m^3/ha/Jahr	± %
Nutzung	bis 600	7,8	12	13,3	6	8,7	32	6,4	39	1,8	28	10,7	5
	601 bis 1200	7,8	8	13,7	8	11,0	8	3,9	16	0,9	41	8,3	5
	über 1200	3,7	29	2,7	77	4,0	22	1,9	13	0,7	37	2,2	11
	Gesamt	**7,3**	**7**	**13,3**	**5**	**8,5**	**8**	**2,6**	**10**	**0,9**	**21**	**6,5**	**3**
Mortalität	bis 600	1,7	16	1,0	13	2,0	35	2,0	29	2,8	16	1,4	8
	601 bis 1200	1,0	11	1,5	15	1,4	11	2,4	11	1,7	17	1,5	6
	über 1200	1,1	33	2,2	39	1,5	19	1,4	10	1,3	19	1,4	8
	Gesamt	**1,1**	**9**	**1,2**	**10**	**1,4**	**10**	**1,7**	**7**	**1,7**	**10**	**1,4**	**4**
Nutzung und Mortalität	bis 600	9,4	10	14,3	6	10,7	26	8,5	33	4,6	14	12,0	5
	601 bis 1200	8,8	7	15,2	7	12,4	7	6,4	11	2,6	22	9,9	4
	über 1200	4,8	24	4,9	46	5,5	17	3,3	9	2,0	17	3,6	7
	Gesamt	**8,4**	**6**	**14,5**	**5**	**9,9**	**7**	**4,3**	**7**	**2,6**	**11**	**8,0**	**3**

154 Nutzung und Mortalität nach Eigentum

in 1000 m^3/Jahr pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

	Eigentum	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
		1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %
Nutzung	öffentlicher Wald	1106	7	1681	7	772	13	701	11	90	29	4520	4
	privater Wald	324	18	1327	8	1058	10	249	23	44	28	3074	6
	Total	**1430**	**7**	**3004**	**5**	**1827**	**8**	**951**	**10**	**135**	**21**	**7587**	**3**
Mortalität	öffentlicher Wald	153	11	132	13	125	16	491	8	174	14	1062	5
	privater Wald	72	17	148	14	182	13	136	16	76	15	613	7
	Total	**226**	**9**	**279**	**10**	**306**	**10**	**628**	**7**	**251**	**10**	**1675**	**4**
Nutzung und Mortalität	öffentlicher Wald	1259	7	1813	7	897	11	1192	8	264	16	5582	4
	privater Wald	397	15	1475	8	1240	9	385	17	120	14	3687	5
	Total	**1656**	**6**	**3283**	**5**	**2133**	**7**	**1579**	**7**	**386**	**11**	**9261**	**3**

79:21%, LFI3–LFI4: 82:18%) hat sich dabei wieder etwas zugunsten der Nutzung verschoben. In der Periode LFI2–LFI3 war die Mortalität als Folge des Orkans Lothar auch sehr hoch, und das besonders in den Voralpen und im Mittelland (Duc *et al.* 2010b, Tab. 154). Die Nutzung ist damit in der aktuellen Periode LFI3–LFI4 (7,6 Mio. m^3/Jahr; Tab. **150**) tendenziell höher als in der Periode LFI2–LFI3 (7,2 Mio. m^3/Jahr; Duc *et al.* 2010b, Tab. 152).

Nicht verändert hat sich dagegen das Nutzungsverhältnis zwischen Nadel- und Laubholz. Nach wie vor wird etwa dreimal so viel Nadel- wie Laubholz genutzt (Tab. **155**). Zurückgegangen ist allerdings die Fichtennutzung. Neu macht sie nur noch 49% der Nutzung aus. In der Periode davor betrug ihr Anteil noch 56% der Nutzung (Tab. **155** und Duc *et al.* 2010b, Tab. 160).

155 **Nutzung nach Hauptbaumart**

in m^3/ha/Jahr pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

Hauptbaumart	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	1000 m^3/ha	± %	1000 m^3/ha	± %	1000 m^3/ha	± %	1000 m^3/ha	± %	1000 m^3/ha	± %	1000 m^3/ha	± %
Fichte	529	11	1450	7	1008	10	607	12	62	40	3752	5
Tanne	364	14	473	12	527	11	44	28	2	71	1467	7
Föhre	31	26	100	22	5	54	48	28	3	**	193	15
Lärche	0	*	46	36	1	**	92	20	9	65	146	18
Arve	0	*	0	*	0	*	12	65	0	*	12	65
übrige Nadelhölzer	3	58	23	49	0	*	0	*	0	*	28	43
Total Nadelholz	**926**	**9**	**2093**	**6**	**1540**	**8**	**803**	**11**	**76**	**34**	**5596**	**4**
Buche	40	24	61	17	18	27	6	43	3	62	134	12
Ahorn	61	20	131	15	29	32	11	42	4	54	248	11
Esche	19	33	94	21	1	79	5	88	6	62	132	17
Eiche	0	*	1	75	0	*	0	*	22	41	21	39
Kastanie	43	23	61	22	22	36	23	36	24	33	176	12
übrige Laubhölzer	1430	7	3004	5	1827	8	951	10	135	21	7587	3
Total Laubholz	**504**	**9**	**912**	**7**	**286**	**15**	**147**	**23**	**59**	**23**	**1990**	**5**
Total	**1430**	**7**	**3004**	**5**	**1827**	**8**	**951**	**10**	**135**	**21**	**7587**	**3**

* Schätzfehler nicht berechenbar
** Schätzfehler ≥ 100%

WSL/LFI4



Die Mortalität war in der vergangenen Periode im öffentlichen und privaten Wald ähnlich hoch; Mettmenstetten ZH.

Nutzung und Mortalität im Verhältnis zum Zuwachs

Zur Beurteilung der Nachhaltigkeit der Waldbewirtschaftung wird oftmals die Holznutzung mit dem Zuwachs verglichen. In der nationalen (z. B. Waldbericht 2015; Fischer und Camin 2015) und internationalen Berichterstattung (State of Europe's Forests 2015; Forest Europe 2015a) hat es sich eingebürgert, die Nutzung dem Nettozuwachs (Bruttozuwachs abzüglich Mortalität) gegenüberzustellen. Im Sinne einer Gesamtbilanz ist es jedoch besser, alle Bäume zu berücksichtigen und entsprechend Nutzung und Mortalität mit dem Bruttozuwachs (Zuwachs in der Terminologie des LFI) zu vergleichen. Definitiv unzulässig ist es, die in der Forststatistik des Bundesamts für Statistik (BFS 2019a) ausgewiesene Nutzung mit dem im LFI ausgewiesenen Zuwachs (=Bruttozuwachs) ohne Korrekturfaktoren zu vergleichen. Denn das verleitet zum Fehlschluss, dass die unausgeschöpften Nutzungspotenziale im Schweizer Wald sehr viel grösser wären, als sie es tatsächlich sind (mehr zu den Diskrepanzen und Korrekturfaktoren in Altwegg *et al.* 2010).

In der Periode LFI1–LFI2 betrugen Nutzung und Mortalität schweizweit 73% des Zuwachses. In der darauffolgenden Periode LFI2–LFI3 erhöhte sich dieser Anteil auf 95%. Heute (LFI3–LFI4) werden 88% des Zuwachses genutzt oder gehen durch Mortalität verloren (Tab. **156**). Im Mittelland sind allerdings wie bereits in der vergangenen Periode LFI2–LFI3 Nutzung und Mortalität höher als der Zuwachs. Langfristig ist das nicht nachhaltig.

In den vergangenen Perioden LFI1–LFI2 und LFI2–LFI3 war das Verhältnis von Nutzung und Mortalität zum Zuwachs im öffentlichen Wald jeweils höher als im Privatwald (Tab. **156**). Dies ist mittlerweile nicht mehr so. Vielmehr wird in der aktuellen Periode LFI3–LFI4 der Zuwachs im gesamtschweizerischen Durchschnitt im Privatwald (93%) mindestens gleich stark und tendenziell gar stärker ausgeschöpft als im öffentlichen Wald (86%). Im Mittelland und in den Voralpen zeigt sich diese Verschiebung gar noch stärker (Tab. **156**).

Gesamtschweizerisch liegen Nutzung und Mortalität nur bei der Föhre (174%) über dem Zuwachs (nicht dargestellt). Im Mittelland ist das dagegen nicht nur bei der Föhre (303%), sondern auch bei der Fichte (144%), der Lärche (109%) und der Eiche (123%) der Fall.

Werden wie im Waldbericht (Fischer und Camin 2015) Nutzung und Nettozuwachs miteinander verglichen, beträgt das Verhältnis für die ganze Schweiz 83% (Tab. **157**). Dieses liegt etwas unter dem Verhältnis von Nutzung und Mortalität zu Zuwachs (88%; Tab. **156**). Die Unterschiede zwischen den Produktionsregionen bleiben aber in etwa gleich. So ist das Verhältnis zwischen Nutzung und Nettozuwachs im Mittelland mit 112% am höchsten, auf der Alpensüdseite dagegen mit 21% am geringsten. Die Werte bedeuten, dass im Mittelland der Vorrat abgebaut wird, derselbe auf der Alpensüdseite jedoch stark zunimmt.

156 Nutzung und Mortalität im Verhältnis zum Zuwachs nach Eigentum

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheiten: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI1/LFI2, LFI2/LFI3 bzw. LFI3/LFI4

	Eigentum	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
		%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
LFI1–LFI2													
Nutzung und Mortalität im Verhältnis zum Zuwachs[1]	öffentlicher Wald	71	4	93	5	80	6	87	6	37	5	80	3
	privater Wald	55	6	69	5	62	5	60	8	33	6	62	3
	Gesamt	**67**	**3**	**81**	**3**	**70**	**4**	**80**	**5**	**35**	**4**	**73**	**2**
LFI2–LFI3													
Nutzung und Mortalität im Verhältnis zum Zuwachs[1]	öffentlicher Wald	111	7	136	7	118	9	66	5	30	5	99	3
	privater Wald	67	9	107	8	90	7	72	10	53	9	88	4
	Gesamt	**100**	**6**	**123**	**5**	**103**	**6**	**68**	**4**	**36**	**4**	**95**	**2**
LFI3–LFI4													
Nutzung und Mortalität im Verhältnis zum Zuwachs[1]	öffentlicher Wald	94	6	109	7	86	10	67	6	45	8	86	3
	privater Wald	85	13	114	8	100	9	53	9	50	8	93	5
	Gesamt	**92**	**5**	**111**	**5**	**94**	**7**	**63**	**5**	**46**	**6**	**88**	**3**

[1] Zuwachs = Bruttozuwachs

157 Nutzung im Verhältnis zum Nettozuwachs nach Eigentum

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

	Eigentum	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
		%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
Nutzung im Verhältnis zum Nettozuwachs	öffentlicher Wald	91	7	110	8	80	10	51	6	19	6	80	4
	privater Wald	80	14	113	9	97	10	42	10	24	7	88	5
	Gesamt	**88**	**6**	**112**	**6**	**89**	**7**	**48**	**5**	**21**	**5**	**83**	**3**

4.5 Rundholzsortimente und Derbholznutzung

→ **Das Schaftderbholzvolumen im Schweizer Wald beläuft sich auf 364 Mio. m³. Davon sind 355 Mio. m³ rechnerisch in Sortimente zerlegbares Rundholz und 9 Mio. m³ Schwachholz.**

→ **Das Rundholz könnte zu 114 Mio. m³ Laub-Rundholz und 241 Mio. m³ Nadel-Rundholz aufgerüstet werden. Davon macht Nadel-Kurzholz mit 179 Mio. m³ den grössten Anteil aus.**

→ **Die Schaftderbholznutzung betrug 6,5 Mio. m³ pro Jahr, wovon 4,5 Mio. m³ Nadel- und 2,0 Mio. m³ Laubholz waren. 59% der Schaftderbholznutzung stammten aus dem öffentlichen Wald.**

Rundholzsortimente

Für die Ermittlung des im Schweizer Wald vorhandenen Rundholzvolumens gemäss den Schweizerischen Handelsgebräuchen für Rohholz (Waldwirtschaft Schweiz *et al.* 2010) wird im LFI für jeden erhobenen Baum die Schaftform mithilfe mathematischer Funktionen in Abhängigkeit des BHD, des modellierten Durchmessers auf 7 m Höhe und der modellierten Baumhöhe beschrieben. Diese Baumschäfte werden anschliessend rein rechnerisch in die Rundholzklassen 1–6 zerlegt (Rohner *et al.* 2019). Die Holzqualität wird also nicht berücksichtigt. Für die Längensortierung beim Nadelholz (z. B. in Kurzholz; Tab. **158**) wird anders als im LFI3 ausschliesslich auf die Angaben der Revierförster abgestellt. Zu beachten ist zudem, dass in die Berechnung ausschliesslich das Schaftderbholz ohne Rinde und Stock (zur Abgrenzung der einzelnen Baumkomponenten siehe Kap. 2, Abb. **049**) einfliesst und sich die Volumenberechnung für die Rundholzsortimente von den Berechnungen für den Holzvorrat (Kap. 2.3) sowie für den Zuwachs, die Nutzung und die Mortalität (Kap. 4.4) unterscheidet.

Im Schweizer Wald ist ein **Schaftderbholzvolumen** ohne Rinde und Stock von 364 Mio. m³ vorhanden. Davon lassen sich 355 Mio. m³ oder 97% rechnerisch in die Rundholzklassen 1–6 zerlegen (Tab. **159**). Die verbleibenden 3% oder 9 Mio. m³ bezeichnet das LFI als Schwachholz. Mit 114 Mio. m³ macht das Laub-Rundholz einen Drittel des Rundholzvolumens aus. 241 Mio. m³ oder zwei Drittel entfallen auf Nadel-Rundholz. Dieses würden die Revierförster mehrheitlich als Kurzholz (179 Mio. m³) aushalten. In Form von Langholz oder Mittellangholz würden nur noch 31 Mio. m³ bzw. 26 Mio. m³ bereitgestellt. Nadelholzsortimente mit einer Länge

WSL/LFI4

158 **Definition der Rundholzsortimente**

			Rundholz						Schwachholz LFI
			Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5	Klasse 6	
Laubholz	Mittendurchmesser		10–19 cm	20–29 cm	30–39 cm	40–49 cm	50–59 cm	≥60 cm	Schaftderbholz ohne Rinde und Stock, das nicht den Rundholzklassen 1–6 zugeordnet werden kann
	Länge		≥ 3,0 m						
Nadelholz	Mittendurchmesser		10–19 cm	20–29 cm	30–39 cm	40–49 cm	50–59 cm	≥60 cm	
	minimaler Zopfdurchmesser		7 cm*	18 cm	18 cm	22 cm	22 cm	22 cm	
	Länge	Holz	< 3,0 m						
		Kurzholz	3,0–6,0 m						
		Mittellangholz	6,5–14,5 m						
		Langholz	15,0–22,0 m						

* Abweichung zu Schweizerischen Handelsgebräuchen für Rohholz (Zusammenfassung der Unterklassen)
Quelle: Schweizerische Handelsgebräuche für Rohholz (Waldwirtschaft Schweiz *et al.* 2010)

159 Schaftderbholzvolumen nach Sortimentierungsart und Sortiment

ohne Rinde und Stock in 1000 m^3 pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Sortimentierungsart	Sortiment	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
		1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %
Laub-Rundholz	Klassen 5 und 6	3550	9	6950	7	2662	10	1288	12	1713	16	16162	4
	Klassen 3 und 4	15295	3	16335	4	9936	5	5492	7	4421	6	51480	2
	Klassen 1 und 2	10521	4	10973	3	7889	5	7654	5	9736	4	46773	2
	Total	**29365**	**3**	**34257**	**3**	**20487**	**4**	**14435**	**5**	**15870**	**4**	**114415**	**2**
Nadel-Langholz	Klassen 5 und 6	2199	12	1253	19	1130	20	106	59	0	*	4688	9
	Klassen 3 und 4	10766	7	6420	10	3509	13	409	37	0	*	21103	5
	Klassen 1 und 2	2550	9	1577	13	800	18	114	41	0	*	5041	7
	Total	**15515**	**6**	**9249**	**9**	**5439**	**13**	**629**	**33**	**0**	*	**30832**	**5**
Nadel-Mittellangholz	Klassen 5 und 6	748	22	935	18	2108	15	1353	20	15	72	5159	9
	Klassen 3 und 4	1863	15	2700	13	5177	11	4056	11	98	62	13894	6
	Klassen 1 und 2	958	14	923	15	2468	11	2576	10	40	62	6965	6
	Total	**3569**	**14**	**4558**	**12**	**9753**	**10**	**7985**	**10**	**153**	**62**	**26018**	**6**
Nadel-Kurzholz	Klassen 5 und 6	1428	11	2880	8	8415	6	13066	5	3255	9	29044	3
	Klassen 3 und 4	6115	7	10846	6	23595	4	36270	3	6701	6	83528	2
	Klassen 1 und 2	5158	7	10466	5	15287	4	30667	2	5241	6	66818	2
	Total	**12701**	**6**	**24192**	**5**	**47298**	**4**	**80002**	**2**	**15197**	**5**	**179390**	**2**
Nadel-Holz	Klassen 5 und 6	22	56	129	33	176	45	235	38	107	30	669	20
	Klassen 3 und 4	163	33	345	27	563	29	573	27	210	27	1853	14
	Klassen 1 und 2	164	32	330	25	506	22	568	21	203	28	1771	11
	Total	**349**	**32**	**804**	**23**	**1245**	**25**	**1375**	**23**	**520**	**24**	**4294**	**12**
Total	Klassen 1 bis 6	61499	2	73060	2	84222	2	104426	2	31741	3	354948	1
	Schwachholz LFI	3723	6	2138	7	1863	7	1449	4	261	4	9434	3
	Total	**65222**	**2**	**75198**	**2**	**86084**	**2**	**105876**	**2**	**32002**	**3**	**364382**	**1**

* Schätzfehler nicht berechenbar

WSL/LFI4



In der Schweiz ist Kurzholz mit Abstand das am häufigsten bereitgestellte Rundholzsortiment; Vordemwald AG.

von weniger als 3 m, die in der 2010er-Ausgabe der Holzhandelsgebräuche erstmals aufgeführt werden (Waldwirtschaft Schweiz *et al.* 2010), machen lediglich etwa 4 Mio. m^3 aus. Unabhängig von der Längensortierung bilden die mittleren Durchmesserklassen 3 und 4 jeweils den grössten Anteil, gefolgt von den schwächeren Klassen 1 und 2.

Die Betrachtung nach Produktionsregionen zeigt, dass mit 29% (104 Mio. m^3) in den Alpen am meisten Rundholz vorrätig ist, gefolgt von den Voralpen mit 24% (84 Mio. m^3) und dem Mittelland mit 21% (73 Mio. m^3; Tab. **159**). Auf den Jura entfallen 18% (61 Mio. m^3) und auf die Alpensüdseite 9% (32 Mio. m^3) des Rundholzvolumens. Während auf der Alpensüdseite das Nadelholz laut Angabe der Revierförster zu 96% und in den Alpen zu 89% als Kurzholz sortiert würde, zeigt sich in den restlichen Produktionsregionen ein diverseres Bild. In den Voralpen und im Mittelland macht zwar das Kurzholz mit Anteilen von 74% und 62% ebenfalls den grössten Anteil an den Nadel-Rundholzsortimenten aus, im Jura hingegen würde mit 48% leicht mehr Langholz als Kurzholz (40%) ausgehalten.

Derbholznutzung

Die Derbholznutzung stellt eine Annäherung an die verwertbare Holzmenge dar. Beim Derbholz handelt es sich um das Holzvolumen des Baumschafts (Schaftderbholz) und der Äste (Astderbholz) je mit einem Durchmesser von mindestens 7 cm (Kap. 2, Abb. **049**). Berechnet wird die Schaftderbholznutzung im LFI mit der Schaftform-Methode, die bereits bei den Rundholzsortimenten verwendet wurde.

WSL/LFI4

160 Schaftderbholznutzung nach Eigentum, Nadel- und Laubholz

ohne Rinde und Stock in 1000 m^3/Jahr pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

Eigentum		Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
		1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %
öffentlicher Wald	Nadelholz	575	10	916	9	510	14	495	12	55	35	2639	5
	Laubholz	333	10	455	10	101	23	56	29	13	35	1011	6
	Total	**909**	**7**	**1371**	**7**	**611**	**13**	**551**	**11**	**68**	**29**	**3649**	**4**
privater Wald	Nadelholz	187	19	784	10	721	11	128	25	8	80	1873	7
	Laubholz	83	25	293	12	143	22	75	38	30	30	638	10
	Total	**270**	**18**	**1077**	**8**	**864**	**11**	**203**	**24**	**39**	**30**	**2511**	**6**
Total	Nadelholz	763	8	1697	6	1229	9	625	11	63	32	4507	4
	Laubholz	416	9	748	7	243	16	129	25	44	23	1647	5
	Total	**1178**	**7**	**2444**	**5**	**1472**	**8**	**754**	**10**	**108**	**21**	**6154**	**3**

161 Derbholznutzung nach Eigentum, Nadel- und Laubholz

ohne Rinde und Stock in 1000 m^3/Jahr
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

Eigentum		Schaftderbholz		Astderbholz		Derbholz (Schaftderbholz + Astderbholz)		Forststatistik[1]	Verhältnis Derbholznutzung LFI/Forststatistik[1]
		1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	± %	1000 m^3/Jahr	
öffentlicher Wald	Nadelholz	2639	5	7	11	2645	5	2173	1,22
	Laubholz	1011	6	213	10	1224	7	1080	1,13
	Total	**3649**	**4**	**220**	**10**	**3869**	**4**	**3253**	**1,19**
privater Wald	Nadelholz	1873	7	6	14	1879	7	1254	1,50
	Laubholz	638	10	143	15	781	10	499	1,57
	Total	**2511**	**6**	**149**	**14**	**2659**	**6**	**1753**	**1,52**
Total	Nadelholz	4507	4	13	9	4520	4	3427	1,32
	Laubholz	1647	5	356	8	2003	6	1579	1,27
	Total	**6154**	**3**	**368**	**8**	**6522**	**3**	**5005**	**1,30**

[1] durchschnittliche jährliche Nutzung 2005–2017 nach Forststatistik

WSL/LFI4

Von der im LFI4 ausgewiesenen Nutzung von 7,6 Mio. m^3 Schaftholz (in Rinde, mit Stock) pro Jahr (Tab. **154)** macht das Schaftderbholz (ohne Rinde und Stock) 6,2 Mio. m^3 aus (Tab. **160**). Es setzt sich zu rund drei Vierteln aus Nadelholz und zu einem Viertel aus Laubholz zusammen. 40% der Schaftderbholznutzung entfallen auf das Mittelland.

Zusätzlich zu den 6,2 Mio. m^3 Schaftderbholz wurden jährlich knapp 0,4 Mio. m^3 Astderbholz genutzt, was eine Derbholznutzung von insgesamt 6,5 Mio. m^3/Jahr ergibt (Tab. **161**). Davon stammen 59% aus dem öffentlichen Wald. Die Forststatistik (BFS 2019a) weist für die Jahre 2005 bis 2017 eine um 23% geringere jährliche Nutzungsmenge (5,0 Mio. m^3/Jahr) als das LFI aus. Aufgrund unterschiedlicher Erhebungsmethoden sind diese Werte aber auch nicht unmittelbar vergleichbar (Altwegg *et al.* 2010). Während im LFI die entnommenen Bäume auf den Probeflächen direkt erfasst werden, stützt sich die Forststatistik auf die Angaben der Kantone ab, die auf in Verkaufslisten oder Anzeichnungsprotokollen ausgewiesenen Nutzungen und zum Teil auch auf Schätzungen beruhen. So tragen insbesondere beim Laubholz Ernteverluste durch Liegenlassen von Kronenteilen und nicht verwertbarem Schaftholz zu Unterschieden in der ermittelten Nutzungsmenge bei. Ausserdem gehen Nutzungen im Privatwald wohl nicht vollständig in die Forststatistik ein. Bereits das LFI2 und das LFI3 wiesen höhere Derbholznutzungen aus als die Forststatistik, der Unterschied vergrösserte sich jedoch zwischen LFI3 und LFI4, hauptsächlich im Privatwald.

162 **Schaftderbholznutzung nach Holzernteaufwand**

ohne Rinde und Stock in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

Holzernteaufwand	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
bis 50 Fr./m^3	60,0	3,8	57,0	2,9	20,2	3,2	11,4	3,2	7,9	3,8	40,6	1,7
51–75 Fr./m^3	20,7	3,2	16,2	2,0	36,1	3,8	18,2	3,6	17,9	7,3	21,9	1,5
76–100 Fr./m^3	6,0	1,7	4,4	1,0	21,5	3,8	22,4	3,8	20,9	8,6	11,3	1,2
101–125 Fr./m^3	3,0	2,2	3,4	1,3	9,8	2,5	25,4	5,2	13,6	6,1	7,9	1,2
126–150 Fr./m^3	1,1	0,6	3,3	1,5	2,2	1,5	8,0	2,7	24,3	10,3	3,4	0,8
über 150 Fr./m^3	1,0	0,8	5,4	1,6	3,5	1,8	5,9	2,4	5,7	3,8	4,4	1,0
keine Angabe	7,9	2,4	10,3	2,0	6,4	2,6	9,6	3,6	8,1	7,7	8,9	1,3
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	



Schwachholz und minderwertige Rundholzsortimente werden oftmals als Brennholz verkauft; Orvin BE.

Bei der Betrachtung der Schaftderbholznutzung nach modelliertem **Holzernteaufwand** (vgl. Kap. 4.3) zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Produktionsregionen. Im Jura und im Mittelland wurde mit Anteilen von 60% und 57% die Mehrheit des genutzten Schaftderbholzes mit einem theoretischen Aufwand von maximal 50 Fr./m^3 geerntet (Tab. **162**). In den Voralpen, in den Alpen und auf der Alpensüdseite war dies dagegen nur bei 20%, 11% und 8% der Schaftderbholznutzung möglich. Mit einem theoretischen Aufwand von höchstens 100 Fr./m^3 konnten in den Voralpen immerhin 78% des Schaftderbholzes genutzt werden,

was dem gleichen Prozentsatz wie im Mittelland (78%) und einem annähernd gleich hohen wie im Jura (87%) entspricht. Dagegen belief sich in den Alpen der theoretische Aufwand für 39% des genutzten Schaftderbholzes auf über 100 Fr./m^3, auf der Alpensüdseite sogar für 44%. Gesamtschweizerisch wurden 41% der Schaftderbholznutzung mit einem theoretischen Aufwand von höchstens 50 Fr./m^3 ausgeführt und 74% mit einem solchen von höchstens 100 Fr./m^3. Mit den gegenwärtigen Rohholzpreisen lässt sich der Holzernteaufwand in vielen Fällen nicht decken. Wo die Sicherstellung einer bestimmten Waldleistung in öffentlichem Interesse ist (z. B. Schutz vor Naturgefahren), wird die Waldbewirtschaftung denn auch von Bund und Kantonen mit Beiträgen unterstützt.



Rundholz von aussergewöhnlicher Qualität, schön präsentiert an einer Waldstrasse im Hinblick auf eine regionale Wertholzsubmission; Neuwilen TG.

WSL/LFI4



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. Der Anteil an eingeführten Baumarten ist in fast allen Regionen verschwindend gering, aber eingeführte Straucharten breiten sich zusehends aus. Die Waldverjüngung erfolgt meist natürlich. Naturferne Fichtenbestände haben im Mittelland gleich wie in der Vorperiode abgenommen. Die Baumarten- und die Strukturvielfalt haben weiter zugenommen, ebenso die Anzahl dicker Bäume und besonders das Totholz, eine Lebensgrundlage für viele Waldarten. Im Gegensatz zum Mittelland sind die Wälder der Alpen und der 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 Artenvielfalt 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. Waldreservate weisen einen grösseren Anteil an Beständen mit hohem Biotopwert auf, aber mächtige Bäume sind dort wie auch im übrigen Wald noch immer relativ selten.

5 Biologische Vielfalt

Urs-Beat Brändli, Meinrad Abegg, Christoph Düggelin

WSL/LFI4

Für die Erhaltung der biologischen Vielfalt (Biodiversität) kommt den Wäldern eine besondere Bedeutung zu. In der Schweiz bieten sie aufgrund ihrer grossen Ausdehnung, Langlebigkeit und strukturellen Vielfalt Lebensraum für etwa 20000 Tierarten und 500 Gefässpflanzenarten (Meyer und Debrot 1989; Landolt 1991) sowie für eine Vielzahl weiterer Organismen wie Pilze, Flechten und Moose. Verglichen mit anderen Lebensräumen ist der Anteil der gefährdeten Arten im Wald mit 9% relativ gering. Dennoch trägt die Schweiz für 1548 national prioritäre Waldarten, rund zur Hälfte Grosspilze, eine besondere Verantwortung (Scheidegger *et al.* 2015).

Die Naturschutzpraxis in der Schweiz war lange Zeit primär auf die Erhaltung gefährdeter Arten und Lebensräume (Arten- und Biotopschutz) ausgerichtet. Weil aber die Biodiversität eines Gebiets massgebend durch die land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen sowie die Siedlungsgebiete bestimmt wird, kann sich der Naturschutz nicht auf den Erhalt artenreicher Restflächen beschränken. Entsprechend kommt den in die Bewirtschaftung integrierten Massnahmen zugunsten des Naturschutzes eine grosse Bedeutung zu. Auf nationaler Ebene dient das LFI dazu, naturschutzfachliche Probleme im Wald zu erkennen und den Erfolg von Massnahmen zu kontrollieren. Dabei werden alle Waldbestände beobachtet, auch solche von geringem ökologischem Wert, um ein repräsentatives Bild zu erhalten. Das LFI liefert primär Informationen zur Struktur und zur Zusammensetzung und damit zur Qualität des Lebensraumes Wald. Die eigentliche Artenvielfalt wird im Wald wie auch in allen anderen Landschaftselementen mit dem BDM, dem Biodiversitätsmonitoring Schweiz (www.biodiversitymonitoring.ch), überwacht.

Da die Vielfalt von Arten und ihren Interaktionen nicht vollständig gemessen werden kann, bedient man sich bei der Beurteilung von Lebensräumen wie Waldbeständen sogenannter Indikatoren, die auf einen Teil der vermuteten Vielfalt hinweisen. Dabei handelt es sich im LFI hauptsächlich um wichtige Lebensraumparameter für bestimmte Tiergruppen wie Vögel, Insekten und Kleinsäuger sowie Pilze (Brändli 2001). Duelli (1995) schrieb dazu: «Das Bestreben, die ganze Komplexität der Biodiversität auf einzelne Indikatoren zu reduzieren, grenzt an die Quadratur des Zirkels: man misst gleichsam eine möglichst ‹einfältige› Vielfalt! Doch sobald wir die Biodiversität gemäss der Konvention von Rio de Janeiro von Staates wegen erhalten und fördern wollen, erhält der Begriff eine Dimension, bei der wir um ein Messen und Bewerten nicht herumkommen.»

Auch wenn der Artenreichtum für viele Artengruppen nur mit einer direkten Erhebung verlässlich gemessen werden kann, sind Daten aus Waldinventuren nachweislich von bedeutender ökologischer und umweltpolitischer Relevanz (Brändli *et al.* 2007a). Einen Überblick über geeignete und empfohlene nationale und internationale Indikatoren im Rahmen von Waldinventuren vermitteln Brändli *et al.* (2007b).

5.1 Baumartenvielfalt

→ **Von Natur aus würden in der Schweiz zu einem beträchtlichen Teil eher baumartenarme Buchen- und Fichtenwälder dominieren. Im heutigen, vom Menschen 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.**

WSL/LFI4

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. Dieses Flächenmerkmal wurde mit dem LFI3 erstmals erhoben und entspricht dem Indikator 4.1 (Baumartenzusammensetzung) von Forest Europe. Reinbestände aus einer einzigen Baumart können von Natur aus sowohl in Tieflagen (v. a. Buchenwälder) wie auch in Hochlagen (v. a. Fichtenwälder) vorkommen, oder sie sind aus Pflanzungen entstanden. Der Anteil der Reinbestände beträgt im LFI4 nur 17%. 48% der Bestände weisen zwei oder drei Baumarten und 34% mehr als drei Baumarten auf (Tab. **163**). Damit sind die Schweizer Waldbestände deutlich artenreicher als die Bestände im europäischen Durchschnitt mit entsprechenden Anteilen von 32%, 50% und 18% (Forest Europe 2015a).

Die regionalen Unterschiede sind in der Schweiz beträchtlich, nicht zuletzt auch, weil die Wälder der höheren Lagen (Alpen) natürlicherweise ärmer an Baumarten sind. Die grössten Anteile an artenreichen Beständen weisen das Mittelland und der Jura auf (Tab. **163**). Aber auch in denselben Höhenstufen zeigen sich regionale Unterschiede: In allen Stufen ist der Anteil artenreicher Bestände auf der Alpensüdseite am kleinsten (nicht dargestellt). In den Wäldern der kollinen/submontanen Stufe unterscheiden sich die Werte für das relativ intensiv bewirtschaftete Mittelland nicht vom Landesdurchschnitt.

163 Waldfläche nach Anzahl Baumarten in der Oberschicht

in 1000 ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Anzahl Baumarten	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz			
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	%	±
keine Angabe	0,6	58	3,3	24	6,1	18	8,7	15	1,6	35	20,3	10	1,7	0,2
1	13,8	12	15,7	11	37,3	7	96,8	4	35,0	7	198,5	3	16,5	0,5
2–3	89,3	4	90,3	4	104,1	3	209,7	2	84,0	4	577,4	1	48,0	0,6
4–5	79,2	4	87,3	4	64,1	5	62,2	5	32,3	7	325,1	2	27,0	0,6
ab 6	17,2	10	31,2	7	10,7	14	16,2	11	5,4	19	80,8	5	6,7	0,3
Total	**200,1**	1	**227,9**	1	**222,3**	1	**393,7**	1	**158,3**	2	**1202,2**	1	**100**	



Baumartenreicher Wald am Col de la Forclaz VS.

Seit dem LFI3 haben auf den gemeinsamen Probeflächen 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 (nicht dargestellt). Dies zeigt sich hauptsächlich in den Regionen Jura, Mittelland und Voralpen. In die gleiche Richtung zeigt die Entwicklung für Europa, dort verursacht durch Veränderungen in nordeuropäischen Wäldern (Forest Europe 2015a).

Die kleinräumige Artenvielfalt wird seit dem LFI3 mit der **Gehölzartenzahl** beschrieben. Dabei werden auf der Probefläche von 200 m^2 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 (Tab. **164**). 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 kollinen/submontanen Stufe um 8% und in der Region Mittelland um 10% zugenommen (nicht dargestellt).

Mit der **Gehölzartenzahl im Baumbestand** sind Vergleiche der vier bisherigen Inventuren möglich. Dabei handelt es sich um eine Teilmenge der Gehölzartenzahl auf der 200-m^2-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 stetig abgenommen. Entsprechend haben Mischbestände zugenommen (Tab. **165**). Seit

164 **Anzahl Gehölzarten[1] ab 40 cm Wuchshöhe nach Vegetationshöhenstufe**

pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Vegetationshöhenstufe	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	Anzahl	± %	Anzahl	± %	Anzahl	± %	Anzahl	± %	Anzahl	± %	Anzahl	± %
obere subalpine	*		*		2,9	16	3,7	3	3,7	3	3,7	2
untere subalpine	5,5	5	6,6	10	4,3	3	3,9	2	3,7	4	4,1	2
obere montane	5,9	3	6,1	9	5,7	2	5,5	3	4,0	4	5,4	1
untere montane	7,5	3	7,1	3	7,2	3	7,8	3	4,6	5	7,1	1
kolline/submontane	9,5	3	8,6	2	9,8	4	10,7	3	7,1	4	8,8	1
Gesamt	**7,6**	**2**	**8,1**	**1**	**6,1**	**2**	**5,3**	**1**	**4,8**	**2**	**6,3**	**1**

[1] auf der 200-m^2-Probefläche
* Diese Vegetationshöhenstufe kommt nicht vor.

dem LFI3 hat die Anzahl Probeflächen mit mehr als drei Arten um 6% zugenommen, jene mit artreinen Bestockungen dagegen um 2% abgenommen (nicht dargestellt). Diese Abnahme ist vermutlich die Folge einer vermehrt naturnahen Waldbewirtschaftung. Positive Effekte der Windwürfe durch den Orkan Lothar im Dezember 1999 lassen sich dagegen mit der Gehölzartenzahl im Baumbestand bislang nicht bestätigen, vermutlich auch, weil manche dieser Bestände noch nicht über die Kluppschwelle gewachsen sind (nicht dargestellt).

165 **Probeflächen nach Anzahl Gehölzarten im Bestand und Inventur**

in %
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI1/LFI2/LFI3/LFI4

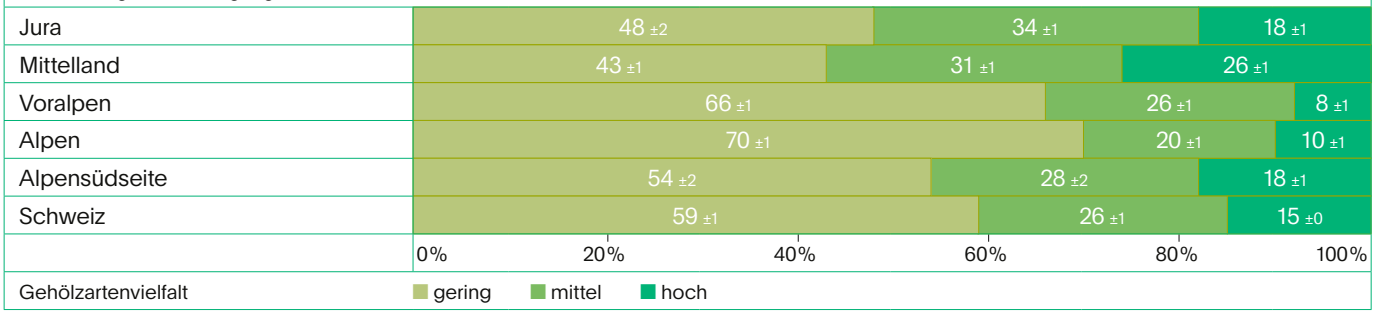
Anzahl Gehölzarten	LFI1		LFI2		LFI3		LFI4	
	%	±	%	±	%	±	%	±
0	4,8	0,3	4,3	0,3	3,7	0,3	3,1	0,2
1	28,5	0,6	26,8	0,6	26,2	0,6	25,7	0,6
2–3	51,6	0,7	53,0	0,7	53,5	0,7	53,7	0,7
über 3	15,1	0,5	15,9	0,5	16,6	0,5	17,5	0,5
Total	**100**		**100**		**100**		**100**	

Gehölzartenvielfalt

In der Regel weisen gehölzartenreiche Mischbestände mehr Tier- und Pflanzenarten sowie eine grössere Anzahl von Individuen auf als Reinbestände, und sie tragen auch mehr zur grossräumigen Biodiversität bei (van der Plas *et al.* 2016). Insbesondere für den faunistischen Artenschutz ist zudem das Vorkommen von Pionier- oder Weichholzarten (Waldföhre, Birken, Weiden, Erlen, einheimischen Pappeln) und weiteren Arten wie heimische Eichen, Kastanie, Kirschbaum, Wildobst und Sorbus-Arten wichtig (vgl. z. B. von Büren *et al.* 1995). Um den ökologischen Wert der vorhandenen Gehölzarten zu charakterisieren, wurde im LFI2 der Indikator «Gehölzartenvielfalt» eingeführt. Er basiert auf dem Vorkommen der oben erwähnten Arten von hohem ökologischem Wert sowie der Anzahl Gehölzarten insgesamt (Brändli 2001). Berücksichtigt werden dabei nur jene Gehölze im Baumbestand, die der Bestandesoberschicht zugehören, da diese im Wesentlichen den Lebensraum prägen. Bei ein bis zwei Arten pro Probefläche (200 m^2) ist die Gehölzartenvielfalt «gering» und bei drei bis vier Arten «mittel». «Hoch» ist sie ab fünf Arten. Falls auf der Probefläche mindestens eine der genannten ökologisch wertvollen Arten vertreten ist, wird die Probefläche der nächsthöheren Klasse zugewiesen, zum Beispiel von «mittel» auf «hoch».

166 **Waldfläche nach Gehölzartenvielfalt**

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald



Auf 59% der Probeflächen ist die Gehölzartenvielfalt gering, in den Alpen und Voralpen sogar auf 70 und 66% der Flächen (Abb. **166**). Von Natur aus ist in tieferen Lagen eine grössere Vielfalt zu erwarten. Als besonders reich an (wertvollen) Baumarten erwiesen sich die LFI-Probeflächen in der Nord- und Nordostschweiz (östliche Teile von Jura

WSL/LFI4

und Mittelland), daneben gebietsweise im westlichen Mittelland und in den Tieflagen des Tessins. Auffallend artenarm sind weite Gebiete der (westlichen) Vor- und Randalpen, der westliche Jura, aber auch der Grossteil der Bündner Wälder und die Hochlagen von Tessin und Wallis (nicht dargestellt). Seit dem LFI2 hat sich die Situation gesamtschweizerisch nicht verändert, die geringfügigen positiven und negativen regionalen Trends heben sich auf (nicht dargestellt). Da die Gehölzartenzahl im Baumbestand wie zuvor beschrieben zugenommen hat, müssten demzufolge die ökologisch hochwertigen Arten abgenommen haben, wie im folgenden Abschnitt belegt wird.

Ausgewählte Baumarten

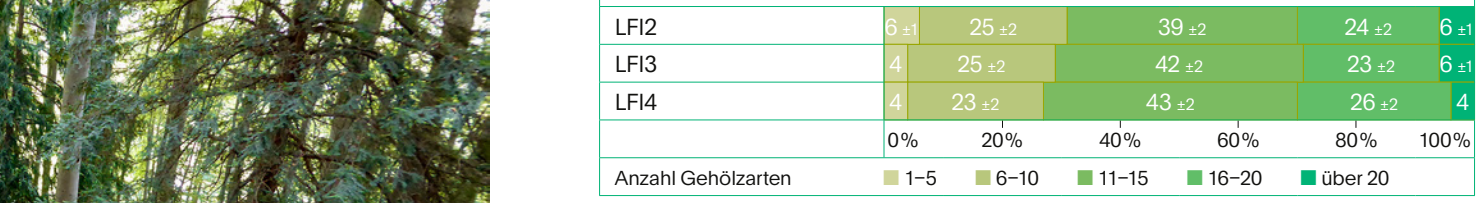
Was die Entwicklung einzelner ökologisch hochwertiger Arten betrifft, so zeigt sich, dass sich deren Stammzahlen sehr unterschiedlich verändert haben: Weiden –4%, Birken +5%, Erlen –9%, einheimische Pappeln +6%, Waldföhre –11%, Eichen –7%, Kastanie –6%, Kirschbaum +12% und Sorbus-Arten –1% (nicht dargestellt; Kap. 2, Tab. **068**). Insgesamt hat die Stammzahl dieser Arten um 5% abgenommen (nicht dargestellt). 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 (Kap. 2.3, nicht dargestellt), dagegen hat sie bei den Individuen mit einem BHD von 0,1 bis 11,9 cm um einen Viertel abgenommen (nicht dargestellt). Es fand also lediglich eine Verlagerung



Die relativ seltenen Eiben werden älter, und es fehlt an Verjüngung; Uetliberg, Zürich ZH.

167 **Waldrand nach Anzahl Gehölzarten und Inventur**

in %
Auswertungseinheit: Waldrand LFI2/LFI3/LFI4 der kollinen/submontanen und montanen Stufe



168 **Waldrand nach Gehölzartenvielfalt und Inventur**

in %
Auswertungseinheit: Waldrand LFI2/LFI3/LFI4 der kollinen/submontanen und montanen Stufe



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 24 000 ha) relativ selten (Abb. **172**). Obschon die Anzahl Individuen abnahm, hat sich ihre Fläche seit dem LFI3 nicht verändert (nicht dargestellt). Die Eichenpopulation ist einfach älter geworden.

Gehölzartenzahl und Gehölzartenvielfalt am Waldrand

Bei der Erfassung der Gehölzarten des Waldrandes wurde zwischen rund 130 einheimischen und eingeführten Arten unterschieden. Im LFI4 wurden auf den 929 Taxationsstrecken 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 gemäss LFI relativ selten (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% (Abb. **167**). 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 (nicht dargestellt).

Der Indikator «Gehölzartenvielfalt am Waldrand» umfasst die drei Parameter «Anzahl Gehölzarten», «Anteil Dornensträucher» und «Anteil Weichhölzer und andere wertvolle Arten». Damit wird der floristischen Vielfalt und den Ansprüchen bestimmter Insekten, Vögel und Kleinsäuger Rechnung getragen (Brändli 2001). Im LFI4 ist die Gehölzartenvielfalt auf 54% der Taxationsstrecken hoch, was einer Zunahme gegenüber der ersten Erhebung im LFI2 (50%) entspricht. Umgekehrt hat der Anteil Waldränder mit geringer Gehölzartenvielfalt seit dem LFI2 von 17% auf 12% abgenommen (Abb. **168**).



Eichen gelten als ökologisch besonders wertvoll und sollen gefördert werden; Sonderwaldreservat Wildenstein, Bubendorf BL.

WSL/LFI4

5.2 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 Schweiz hat im europäischen Vergleich den grössten Anteil an älteren Wäldern. 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 115 000 km.
- Am Waldrand haben breite Strauchgürtel zugenommen. Der Anteil an Waldrändern mit geringer Strukturvielfalt hat innert 20 Jahren leicht abgenommen.



WSL/LFI4

Lockere Waldstrukturen halten sich langfristig ohne Eingriff meist nur auf Trocken- oder Feuchtstandorten; Gänsbrunnen SO.

Schlussgrad, Lücken und Bestandesdichte

Lockere Waldstrukturen sind mit einem grossen Licht- und Wärmeangebot im Wald verbunden, einer Grundvoraussetzung 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 (Abb. **169**). 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.

Im Rahmen des LFI4 wurde erstmals auch das Vorkommen von **Ameisenhaufen** auf den Probeflächen registriert und analysiert (Wermelinger *et al.* 2017; Vandegehuchte *et al.* 2017). Gut 90% der Probeflächen mit

Ameisenhaufen liegen in Hochlagen, also in der oberen montanen und der subalpinen Stufe, im natürlichen Verbreitungsgebiet der Nadelwälder (nicht dargestellt). Ein wichtiger Faktor für das Vorkommen ist der Schlussgrad des Bestandes: In Hochlagen weisen 3 bis 4% der gedrängten und normalen Bestände Ameisenhaufen auf. In lockeren, räumigen, aufgelösten und gruppiert gedrängten Beständen und in Beständen mit Stufenschluss sind es 9 bis 13%. Am häufigsten (19%) sind Ameisenhaufen auf Probeflächen mit gruppiert normalem Schlussgrad (nicht dargestellt).

Wechsel im Bestandesgefüge (Bestandesgrenzen), Waldlichtungen und vorübergehend nicht bestockte Flächen erhöhen die direkte Einstrahlung und bringen Licht in die Bestände. **Innere Ränder** wie Übergänge vom Bestand zu Lücken oder zwischen Beständen mit deutlich unterschiedlichen Höhen können, ähnlich wie der Waldrand, wertvolle Saumbiotope bilden. Am grössten ist der Anteil solcher Bestandesinnenränder im Mittelland, gefolgt von den Regionen Voralpen und Alpen, vor dem Jura und der Alpensüdseite (nicht dargestellt).

Auch **Bestandeslücken** werden im LFI erfasst, sofern sie im Kronendach eine Ausdehnung von 10 × 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 restlichen Lückentypen zeigen keine klaren Veränderungen – unter anderem auch, weil es im Feld zum Teil schwierig ist, sie eindeutig zuzuordnen (Tab. **170**).



Im Rahmen des LFI4 wurde die erste schweizweite Waldameisenerhebung durchgeführt.

WSL/LFI4

169 **Waldfläche nach Schlussgrad und Vegetationshöhenstufe**

in %
Auswertungseinheit: Wald mit Angaben zum Schlussgrad (= 98,3% des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald)

Vegetationshöhenstufe										
obere subalpine	2	5 ±1	6 ±1	19 ±2	36 ±2	14 ±2	11 ±2	7 ±1		
untere subalpine	11 ±1	11 ±1	9 ±1	20 ±1	17 ±1	12 ±1	12 ±1	8 ±1		
obere montane	26 ±1	24 ±1	11 ±1	14 ±1	8 ±1	6 ±1	4 ±1	7 ±1		
untere montane	36 ±1	31 ±1	10 ±1	11 ±1	4 ±1	2	2	4 ±1		
kolline/submontane	38 ±1	31 ±1	11 ±1	12 ±1	4 ±1	2	1	1		
Gesamt	**26 ±1**	**24 ±1**	**10 ±0**	**14 ±1**	**10 ±0**	**6 ±0**	**5 ±0**	**5 ±0**		
	0%	20%	40%	60%	80%	100%				

Schlussgrad: gedrängt, normal, locker, räumig, aufgelöst, gruppiert gedrängt, gruppiert normal, Stufenschluss

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 (Tab. **171**), während die Zunahme in der Inventurperiode davor noch 3% betrug (Brändli *et al.* 2010). Die regionalen Unterschiede sind jedoch beträchtlich: Im Mittelland hat der SDI abgenommen (−5%), in den Alpen und auf der Alpensüdseite zugenommen (5% bzw. 7%), und im Jura und in den Voralpen zeigte er keine Veränderung. 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 Nutzungsintensität in dieser Region liegt (Kap. 4.2).

Altbestände, Senioren, 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). Beispielsweise wird ein Buchenwald mit zunehmendem Alter besonders in zoologischer Hinsicht immer artenreicher. Spechte, Kleiber, Baumläufer finden sich erst in mindestens 50-jährigen Baumbeständen ein, wo sie in den folgenden Jahrzehnten immer häufiger werden. Die seltene Hohltaube ist vor allem auf Höhlen des Schwarzspechtes angewiesen und nur in Tieflagenwäldern mit alten, dicken und teilweise morschen Buchen anzutreffen (SBN 1992, Weggler und Aschwanden 1999). Der Schwarzspecht benötigt für seine mächtige Höhle Bäume ab einem Alter von rund 120 Jahren (Müller 1991). Eine signifikant höhere Artenzahl, auch an gefährdeten Arten, ist bei Brutvögeln, Schnecken und Flechten in buchendominierten Wäldern ab 100 bis 170 Jahren (Submontanstufe) beziehungsweise ab 160 bis 220 Jahren (Montanstufe) zu erwarten (Moning und Müller 2009).

170 **Waldfläche nach Bestandeslückentyp und Inventur**

in %
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI2/LFI3/LFI4

Lückentyp	LFI2		LFI3		LFI4	
	%	±	%	±	%	±
keine Lücke	72,4	0,6	71,3	0,6	69,5	0,6
Windwurf-, Schlagfläche	5,7	0,3	8,0	0,4	10,1	0,4
Waldwiese	7,2	0,3	6,2	0,3	7,7	0,4
einwachsend	9,2	0,4	9,4	0,4	8,7	0,4
Blockschutt, Fels, Rutschung, Schneise	5,5	0,3	5,1	0,3	4,0	0,3
Total	**100**		**100**		**100**	



Der mächtigste Bergahorn im LFI, ein Gigant von über vier Meter Umfang; Ennetberg GL.

WSL/LFI4



WSL/LFI4

Strukturreiche Wälder sind in der Subalpinstufe am häufigsten; Riederalp VS.

Der entsprechende ökologische Schwellenwert für Holzpilze liegt in Bergmischwäldern bei einem Bestandesalter von 230 Jahren (Moning 2013).

Im LFI4 beträgt der Anteil an über 120-jährigen Beständen, sogenannten **Altbeständen** im wirtschaftlichen Sinn, 19% (Abb. **172**). Zu beachten gilt es zudem, dass auch mehr als ein Drittel der 25% ungleichaltrigen Bestände ein dominantes Alter ($Alter_{dom}$) von mehr als 120 Jahren aufweisen (nicht dargestellt). Der Anteil an Altbeständen ist im internationalen Vergleich in der Schweiz sehr hoch. In einer Erhebung von 1990 wiesen mehr als die Hälfte der europäischen Länder weniger als 5% Altbestände aus (Kuusela 1994). An diesen Verhältnissen hat sich seither wenig geändert. Nur ein Fünftel der Länder weist mehr als 10% Altbestände aus. An der Spitze liegt die Schweiz, deutlich vor Finnland und der Russischen Föderation (Forest Europe *et al.* 2011). Letztere verfügt aber über einen grossen Anteil an intakten Waldlandschaften von globaler Bedeutung. In der Schweiz sind Bestände im Alter von über 160 Jahren überwiegend aus Fichten, Lärchen und Arven aufgebaut (Abb. **172**) und besonders in Hochlagen zu finden, wo diese Arten natürlicherweise die Hauptverbreitung haben. Die grössten Konzentrationen solcher Altbestände befinden sich im Oberwallis und im Engadin (Brändli *et al.* 2011b).

Im vierten LFI wurde neben dem Bestandesalter erstmals auch das **Baumalter** der einzelnen Probebäume geschätzt. Dadurch ist es möglich, auch ungleichaltrige Bestände im Altersaufbau zu beurteilen, beispielsweise mit dem berechneten dominanten Alter ($Alter_{dom}$), dem mittleren Alter der 100 dicksten Bäume pro Hektare bzw. der fünf dicksten Bäume auf der 500-m^2-Probefläche des LFI (Brändli *et al.* 2011b). Mit dem Baumalter lässt

171 **Veränderung des Bestandesdichteindexes (SDI[1]) nach Vegetationshöhenstufe**

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

Vegetationshöhenstufe	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
obere subalpine	*		*		13,0	5,7	9,9	3,3	14,1	1,9	10,8	2,6
untere subalpine	2,8	3,7	–8,2	8,2	3,3	3,2	6,4	1,4	7,6	2,2	5,4	1,2
obere montane	0,5	2,1	–1,8	4,6	–2,2	2,1	5,9	1,6	5,7	1,8	2,1	1,0
untere montane	–1,7	2,0	–3,8	2,2	0,2	2,1	–4,0	3,1	8,5	4,2	–1,4	1,1
kolline/submontane	–2,7	2,4	–5,4	1,6	–4,0	3,1	–1,9	2,9	4,4	1,8	–3,0	1,0
Gesamt	**–1,0**	**1,2**	**–4,8**	**1,2**	**–0,4**	**1,3**	**4,6**	**1,0**	**6,8**	**1,1**	**1,0**	**0,5**

[1] Stand Density Index
* die Vegetationshöhenstufe kommt nicht vor

sich aber auch die Häufigkeit der alten Bäume ermitteln. Doch was ist ein alter Baum? Je nach Art kann ein Baum im Wald, Extremwerte ausgenommen, durchschnittlich 250 Jahre (Esche), 300 Jahre (Buche, Föhre), 350 Jahre (Ahorn), 400 Jahre (Fichte, Tanne), 500 Jahre (Arve, Eiche, Kastanie) oder gar 600 Jahre (Lärche) alt werden (Brändli *et al.* 2011a). Im LFI bezeichnen wir Bäume mit einem Alter von 200 Jahren und mehr als **Senioren.** Sie befinden sich, gemessen an der natürlichen Lebenserwartung, etwa in ihrer zweiten Lebenshälfte. Die allermeisten Bäume sterben aber früher ab, wegen der natürlichen Konkurrenz, wegen Naturereignissen und Krankheiten oder eben weil sie genutzt werden. Im Schweizer Durchschnitt findet man 7,6 Senioren/ha Wald. In den meist intensiv genutzten Wäldern des Mittellandes sind es 0,7 Stück/ha, in den Wäldern der Region Alpen 15,6 Stück/ha, zur Hauptsache Nadelbäume (Tab. **173**). Laubbaum-Senioren, in der Schweiz zumeist Buchen, Kastanien und in geringerem Masse Eichen, haben die grösste Dichte auf der Alpensüdseite und stehen dort oftmals in (ehemaligen) Selven.

172 **Waldfläche nach vorherrschender Baumart und Bestandesalter**

in % und 1000 ha
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

vorherrschende Baumart		1000 ha
Fichte	28 ±1 | 17 ±1 | 13 ±1 | 15 ±1 | 17 ±1 | 10 ±1	462,0
Tanne	26 ±2 | 15 ±1 | 10 ±1 | 23 ±2 | 21 ±2 | 5 ±1	136,3
Föhre	20 ±3 | 16 ±3 | 23 ±3 | 25 ±3 | 11 ±2 | 5 ±2	40,5
Lärche	35 ±2 | 16 ±2 | 15 ±2 | 9 ±1 | 8 ±1 | 17 ±2	92,8
Arve	59 ±6 | 6 ±3 | 3 | 8 ±3 | 8 ±3 | 16 ±4	15,1
übrige Nadelhölzer	20 ±9 | 20 ±9 | 30 ±10 | 30 ±10	4,0
Buche	19 ±1 | 14 ±1 | 19 ±1 | 34 ±1 | 12 ±1 | 2	213,5
Ahorn	16 ±3 | 46 ±4 | 25 ±3 | 11 ±2	35,2
Esche	19 ±3 | 31 ±3 | 32 ±3 | 13 ±2 | 5 ±1	41,7
Eiche	21 ±4 | 14 ±3 | 35 ±4 | 19 ±4 | 10 ±3	24,1
Kastanie	41 ±5 | 11 ±3 | 34 ±4 | 7 ±2 | 4 ±2 | 3	23,2
übrige Laubhölzer	17 ±2 | 46 ±3 | 32 ±3 | 4 ±1	69,2
keine Angabe		44,8
Gesamt	**25 ±1 | 21 ±0 | 17 ±0 | 18 ±0 | 12 ±0 | 7 ±0**	**1202,2**
	0% 20% 40% 60% 80% 100%	
Bestandesalter in Jahren	ungleichaltrig | 0–40 Jahre | 41–80 Jahre | 81–120 Jahre | 121–160 Jahre | über 160 Jahre	

173 **Stammzahl der Bäume ab Alter 200 Jahre nach Nadel- und Laubholz**

in Stück/ha
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Nadel- und Laubholz	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	Stk./ha	± %	Stk./ha	± %	Stk./ha	± %	Stk./ha	± %	Stk./ha	± %	Stk./ha	± %
Nadelholz	2,1	21	0,6	41	4,1	17	15,4	7	7,5	11	7,2	5
Laubholz	0,4	64	0,1	56	0,1	45	0,2	32	1,5	27	0,4	20
Total	**2,5**	**22**	**0,7**	**35**	**4,2**	**16**	**15,6**	**7**	**8,9**	**10**	**7,6**	**5**

Veränderungen in der Altersstruktur verlaufen langsam. So ist das im LFI geschätzte Baum- oder Bestandesalter zur Beschreibung gerade von geringen Veränderungen weniger geeignet als die Hilfsgrösse «dominanter Brusthöhendurchmesser» (BHD_{dom}; Oberdurchmesser), die im LFI anhand der gemessenen Durchmesser der Probebäume berechnet wird. So gilt in der Regel, dass dicke Bäume älter sind als dünne. Tabelle **174** belegt, dass die ökologisch bedeutenden **Starkholzbestände** mit einem BHD_{dom} über 50 cm fast einen Drittel der Waldfläche ausmachen. Auf den gemeinsamen Probeflächen 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.

Mit den meisten Waldinventuren wird nicht das Baumalter erhoben, sondern lediglich der Baumdurchmesser. Das entsprechende Gegenstück zu den Senioren sind da die sogenannten **Giganten,** also 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

174 Anteil der Starkholzbestände nach Vegetationshöhenstufe und Inventur

in %
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI1/LFI2/LFI3/LFI4

Vegetationshöhenstufe	Inventur	Anteil Starkholzbestände[1] %	±
subalpine	LFI1	24,3	1,2
	LFI2	26,0	1,2
	LFI3	33,6	1,3
	LFI4	35,9	1,3
montane	LFI1	18,8	0,8
	LFI2	25,5	0,9
	LFI3	30,7	0,9
	LFI4	32,2	0,9
kolline/submontane	LFI1	16,2	0,9
	LFI2	22,3	1,1
	LFI3	24,0	1,1
	LFI4	25,6	1,1
Gesamt	**LFI1**	**19,4**	**0,5**
	LFI2	**24,7**	**0,6**
	LFI3	**29,5**	**0,6**
	LFI4	**31,3**	**0,6**

[1] dominanter Brusthöhendurchmesser (BHD_{dom}) > 50 cm

175 Gesamtstammzahl der Giganten nach Vegetationshöhenstufe und Inventur

in Stück/ha
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI1/LFI2/LFI3/LFI4

Vegetationshöhenstufe	Inventur	Giganten[1] Stk./ha	± %
subalpine	LFI1	1,3	12
	LFI2	1,4	11
	LFI3	2,3	10
	LFI4	2,7	9
montane	LFI1	0,6	13
	LFI2	0,8	11
	LFI3	1,3	9
	LFI4	1,7	8
kolline/submontane	LFI1	0,8	16
	LFI2	1,2	14
	LFI3	1,1	14
	LFI4	1,6	11
Gesamt	**LFI1**	**0,8**	**8**
	LFI2	**1,1**	**7**
	LFI3	**1,5**	**6**
	LFI4	**1,9**	**5**

[1] Bäume mit BHD > 80 cm

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 (Tab. **175**). Am grössten ist die Dichte von Giganten in der Subalpinstufe (2,7 Stück/ha), wo selten genutzte Wälder am häufigsten sind (Kap. 5.6). 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 (nicht dargestellt). So findet man in dieser untersten Höhenstufe auf der Alpensüdseite 3,8, im Mittelland noch 1,8 und in den übrigen Regionen nur zwischen 0,5 und 1,3 Stück/ha (nicht dargestellt). 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 Waldtyp rund ein-einhalb- 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).

Strukturvielfalt des Bestandes

Die Strukturvielfalt nach LFI ist ein Modell zur ökologischen Bewertung eines Waldbestandes bezüglich einer wichtigen Komponente seiner Lebensraumqualität. So ist in vertikal und horizontal stark strukturierten Wäldern das Angebot an Wärme, Licht, Wasser (Luftfeuchtigkeit) und Kleinlebensräumen erheblich vielfältiger als in weniger strukturierten. 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), Schädigungsgrad des Bestandes, Vorhandensein von Wald- oder Bestandesrändern, Art der Bestandeslücken, Deckungsgrad der Strauchschicht, Deckungsgrad der Beerensträucher, Vorkommen (Mindestvolumen) von Wurzelstöcken, liegendem Totholz, Dürrständern 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 Probeflächen. Eine «hohe» Strukturvielfalt entspricht etwa der oberen Hälfte des beobachteten Modellwertbereiches (4–47).

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. **176**). 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) in 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 (nicht dargestellt).

Länge der Waldränder

Waldränder sind Ökotone, das heisst Übergangszonen zwischen verschiedenen Biotopen. Sie bieten Lebensraum für Pflanzen und Tiere des Freilandes, des Waldes und darüber hinaus auch für Lebewesen, die sich auf Übergangslebensräume spezialisiert haben. Für einige Arten, die aus der intensiv genutzten Kulturlandschaft verdrängt werden, können ökologisch hochwertige Waldränder die letzten Rückzugsgebiete darstellen (von Büren *et al.* 1995). Intakte Waldränder spielen für die Vernetzung von Wald und offenem Land eine wichtige Rolle. Deshalb ist die Aufwertung und Pflege von Waldrändern ein erklärtes Ziel des Bundes (Imesch *et al.* 2015).

176 **Waldfläche nach Strukturvielfalt und Inventur**

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI2/LFI3/LFI4

		gering	mittel	hoch
Jura	LFI2	29 ±1	49 ±2	22 ±1
	LFI3	19 ±1	49 ±2	32 ±1
	LFI4	16 ±1	44 ±2	40 ±2
Mittelland	LFI2	32 ±1	46 ±1	22 ±1
	LFI3	20 ±1	44 ±1	36 ±1
	LFI4	14 ±1	44 ±1	42 ±1
Voralpen	LFI2	19 ±1	46 ±2	35 ±1
	LFI3	8 ±1	40 ±2	52 ±2
	LFI4	8 ±1	39 ±2	53 ±2
Alpen	LFI2	15 ±1	49 ±1	36 ±1
	LFI3	10 ±1	45 ±1	45 ±1
	LFI4	10 ±1	45 ±1	45 ±1
Alpensüdseite	LFI2	32 ±2	41 ±2	27 ±2
	LFI3	29 ±2	43 ±2	28 ±2
	LFI4	26 ±2	42 ±2	32 ±2
Schweiz	LFI2	24 ±1	47 ±1	29 ±1
	LFI3	16 ±0	44 ±1	40 ±1
	LFI4	13 ±0	43 ±1	44 ±1

0% 20% 40% 60% 80% 100%

Strukturvielfalt

WSL/LFI4

Im Rahmen des LFI3 wurde erstmals die Länge der Wald- und Gehölzränder ermittelt. Solche Ränder sind sogenannte Fraktale, d. h., sie bestehen aus unzähligen kleinen Kopien ihrer selbst. Das hat zur Folge, dass ihre Länge stark davon abhängt, in welcher Auflösung man sie betrachtet. Im LFI wurde, ausgerichtet auf die Beurteilung der Waldrandqualität, eine mittlere Auflösung gewählt und die sogenannte Waldbegrenzungslinie verwendet. Diese ist eine Grundlage für den Wald/Nichtwald-Entscheid im LFI, wird bei der Interpretation der Luftbilder für jede Wald- und Nichtwald-Probefläche festgelegt und digital gespeichert (Ginzler *et al.* 2005). Bei der Berechnung der Waldrandlänge wurden dann die Waldbegrenzungslinien zu denjenigen Wäldern und Kleingehölzen berücksichtigt, die einen Kronendeckungsgrad von mindestens 60% aufwiesen, unabhängig von der Breite der Bestockung. Daraus resultiert im LFI4 eine Waldrandlänge von insgesamt rund 115 200 km (Tab. **177**). Die meisten Waldränder (86%) liegen in der kollinen/submontanen und in der montanen Vegetationshöhenstufe. In der Subalpinstufe sind Waldränder relativ selten; der Übergang von Wald zu Freiland erfolgt dort meist fliessend über aufgelöste Bestockungen. Im Vergleich zum LFI3 resultieren keine signifikanten Unterschiede in der Waldrandlänge (nicht dargestellt).

Es gibt wenig andere quantitative Angaben zu Waldrändern in der Schweiz. Broggi und Schlegel (1989) schätzten anhand einer Stichprobe auf vier Kartenblättern die Gesamtlänge der Waldränder im Mittelland auf 40 000 km. Dieser Wert liegt wohl deutlich zu hoch. Denn Vergleiche im Rahmen des LFI3 zeigten, dass das LFI im Luftbild die Waldgrenzen sehr ähnlich interpretiert wie Swisstopo für die Vektor25-Karte (Brändli *et al.* 2010). Im LFI4 wurde für das Mittelland eine Waldrandlänge von 25 600 km ermittelt (Tab. **177**).

Qualität der Waldränder

Mit zunehmender Höhenlage verliert der Wald an scharfen Konturen. Übergangszonen mit typischen Waldrandaspekten (Abb. **178**) werden selten. 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.

Der Aufbau und die ökologische Qualität der Waldränder wurden nach der ersten Waldranderhebung im Ergebnisbericht zum LFI2 umfassend dokumentiert (Brändli und Ulmer 1999). Auf eine Wiederholung dieser Darstellungen wird verzichtet. Im Verlaufe der drei bisherigen Waldranderhebungen hat sich

177 **Waldrandlänge nach Vegetationshöhenstufe**

in 1000 m pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Gesamtfläche

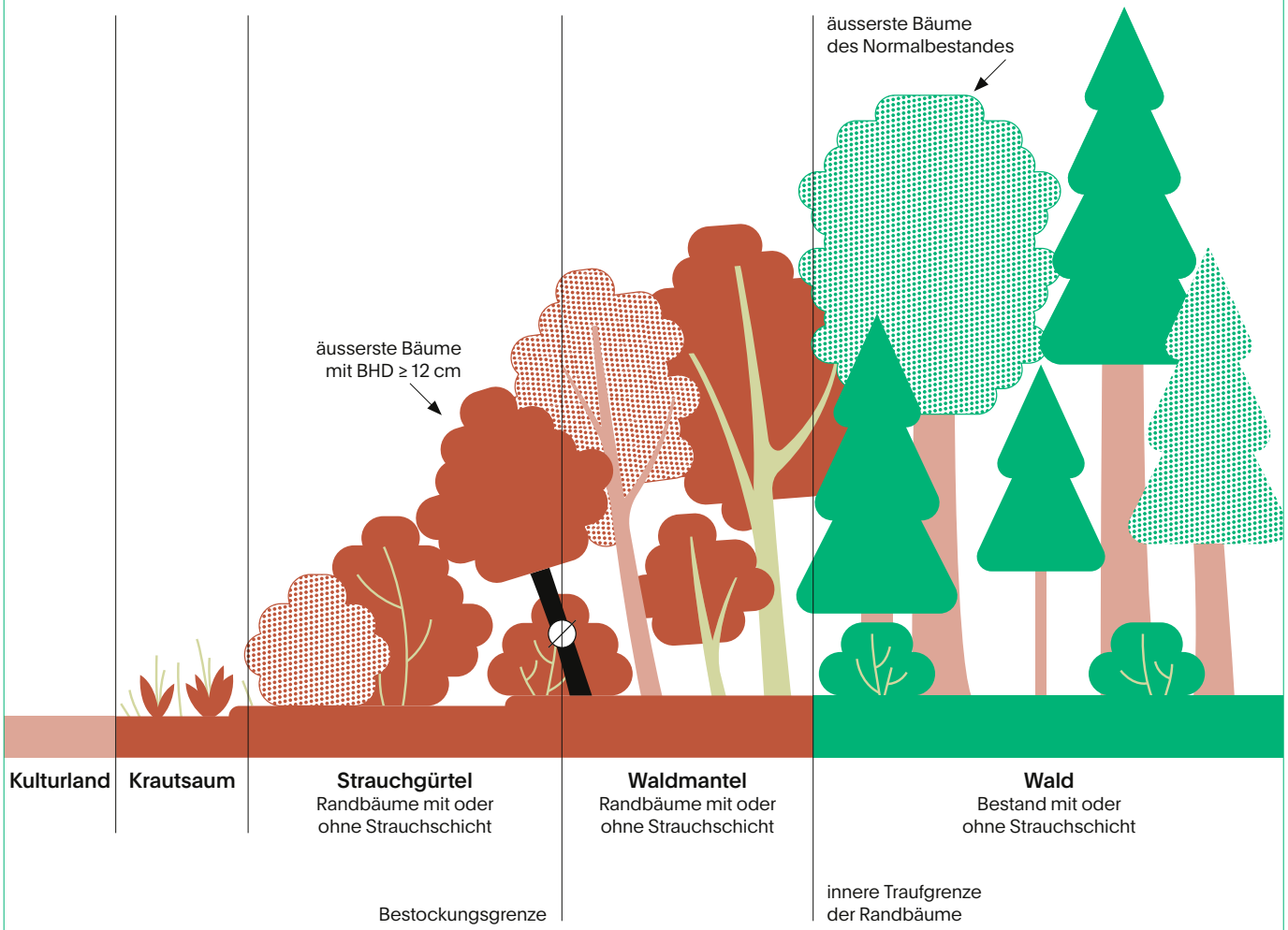
Vegetationshöhenstufe	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	1000 m	± %	1000 m	± %	1000 m	± %	1000 m	± %	1000 m	± %	1000 m	± %
obere subalpine	**		**		0	*	1233	22	192	58	1424	20
untere subalpine	984	23	48	100	4316	12	8914	8	778	25	15041	6
obere montane	4912	11	416	37	11705	7	9507	8	1645	18	28185	4
untere montane	5492	10	6466	9	11321	7	5166	11	1399	21	29844	4
kolline/submontane	7940	8	18665	5	5217	10	5074	11	3819	12	40715	4
Total	**19329**	**5**	**25595**	**4**	**32559**	**4**	**29893**	**4**	**7833**	**8**	**115209**	**2**

* Schätzfehler nicht berechenbar
** diese Vegetationshöhenstufe kommt nicht vor

gezeigt, dass sich die gutachtlichen Beurteilungen der Merkmale zur Waldrandstruktur für die Zustandsbeschreibung eignen, aber, mit wenigen Ausnahmen, nicht für die Feststellung von Veränderungen.

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 (Abb. **179**). Im Mittelland, wo der Waldrandqualität die grösste Bedeutung zugemessen wird, liegt der entsprechende Anteil bei nur 18% (nicht dargestellt). Seit der Vorinventur hat sich die Situation verbessert: Breite Strauchgürtel ab fünf Meter wurden häufiger, und Waldränder ohne Strauchgürtel haben abgenommen (Abb. **179**). Dies zeigt sich besonders im Mittelland, aber auch im Jura (nicht dargestellt).

178 **Waldrand gemäss LFI**



WSL/LFI4

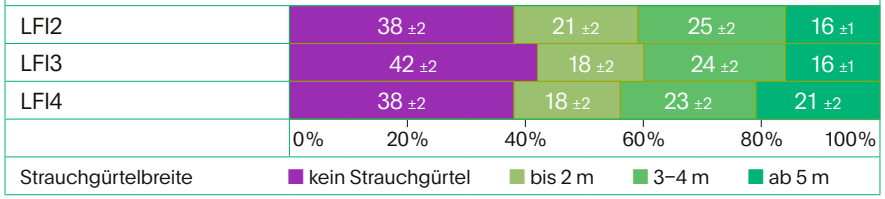


Gute Verzahnung von Wald und Kulturland; Leimbach TG.

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 reduzierte 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 (Abb. **180**). Vermutlich ist die Waldrandpflege eine der Ursachen für diesen Trend. Mit LFI-Daten belegt werden konnte dies bislang noch nicht. Der leicht höhere Anteil der Waldränder mit hoher Strukturvielfalt im LFI3 ist weitgehend durch methodische Differenzen bei der Erhebung der Waldmantelbreite bedingt.

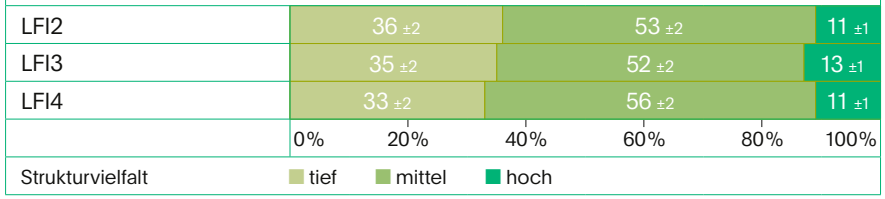
179 **Waldrand nach Strauchgürtelbreite und Inventur**

in %
Auswertungseinheit: Waldrand LFI2/LFI3/LFI4 der kollinen/submontanen und montanen Stufe



180 **Waldrand nach Strukturvielfalt (ohne Krautsaum) und Inventur**

in %
Auswertungseinheit: Waldrand LFI2/LFI3/LFI4 der kollinen/submontanen und montanen Stufe



5.3 Verjüngung

- **Windwurf-, Schlag- und Jungwuchsflächen bieten Lebensraum für licht- und wärmebedürftige Arten. Solche Flächen haben geringfügig zugenommen.**
- **Rund 81 % der heutigen Waldbestände sind aus reiner Naturverjüngung entstanden. Damit liegt der Schweizer Wald deutlich über dem europäischen Durchschnitt von 68 %.**
- **Waldbestände in der Verjüngungs- und Jungwaldphase sind zu 92 % aus natürlicher Ansamung entstanden, gleich viel wie in der Vorperiode.**
- **Aufforstungen von Nichtwaldareal fanden im Wesentlichen bis 1990 statt und machen 4 % der heutigen Waldfläche aus.**

WSL/LFI4

Flächige Verjüngung

Verjüngungsflächen ermöglichen nicht nur die Regeneration von Bäumen, sie sind auch Lebensräume für licht- und wärmebedürftige Tier- und Pflanzenarten. Flächige Windwürfe, Waldbrände und Verjüngungshiebe schaffen grössere Lücken oder vorübergehend nicht bestockte Waldflächen und bringen Licht und Wärme in den Wald. Solche Flächen bieten beste Voraussetzungen für eine vielfältige Waldsukzession (Priewasser 2013) und begünstigen die relativ seltenen, lichtbedürftigen Pionierbaumarten (z. B. Weiden, Pappeln, Birken, Vogelbeeren, Föhren). Grosse Hiebsflächen können auch der Förderung von Eichen und weiteren trockenheitstoleranten Lichtbaumarten dienen – eine Handlungsoption zur Anpassung des Waldes an den Klimawandel (Brang *et al.* 2016a; Allgaier Leuch *et al.* 2017).

Im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald hat der Anteil der vorübergehend nicht bestockten Waldfläche (Deckungsgrad der Gehölzarten < 20 %) seit dem LFI3 von 2,5 % auf 1,7 % abgenommen, da unterdessen auf vielen Lothar-Sturmflächen wieder Jungwald vorhanden ist. Dementsprechend haben Jungwüchse / Dickungen von 5,9 % auf 7,2 % zugenommen. Insgesamt haben vorübergehend nicht bestockte Waldflächen und Jungwüchse / Dickungen leicht zugenommen (nicht dargestellt).

Naturverjüngung

Der genetische Austausch unter den Waldbäumen ist hoch und erfolgt nicht nur innerhalb des jeweiligen Waldbestandes, sondern über viel weitere Distanzen. Es darf davon ausgegangen werden, dass sich im Rahmen der natürlichen Waldverjüngung diejenigen Individuen einer Art durchsetzen, die am besten an den jeweiligen Standort angepasst sind. Naturverjüngungen weisen oft auch vielfältige Baumartenmischungen auf. Beides



Naturverjüngung ist im Bergwald die Regel; Lärchen-Arvenwald; Silvaplana GR.

mindert das Risiko von Ausfällen, gerade im Hinblick auf den Klimawandel (Brang *et al.* 2016a; Allgaier Leuch *et al.* 2017). Wo aber die Naturverjüngung zur Regeneration von standortfremden oder immer schlechter an den Standort angepassten Bestockungen führt, kann sie unerwünscht sein. Die Naturverjüngung ist daher nicht generell besser als die Pflanzung. Pflanzungen sind unumgänglich, wenn man im Gebiet noch nicht (oder zu knapp) vorhandene Arten einbringen will, beispielsweise die Traubeneiche auf Standorten, auf denen es für die Buche zu trocken wird, oder die für den Gebirgswald sehr wichtige Tanne. Und für die Umwandlung von standortfremden Fichtenreinbeständen in naturnahe Bestockungen sind unter Umständen ebenfalls Pflanzungen angezeigt. Auch auf Windwurf- und Schlagflächen kann eine künstliche Verjüngung besser sein, etwa wenn geeignete Samenbäume fehlen, die Konkurrenz durch die krautige Vegetation stark ist, seltene Arten gefördert werden sollen oder wenn ein Schutzwald rasch aufkommen und wirken soll. Dass heute viel weniger gepflanzt wird als früher, hat hauptsächlich drei Gründe: Pflanzungen kosten, sie können bei grossflächigem Einsatz den Prinzipien des naturnahen Waldbaus widersprechen, und gepflanzte Bäumchen werden vom Wild besonders gern verbissen (Brändli und Imesch 2015).

Die Verjüngungsart wird im LFI im gesamten Wald erhoben. Die Interpretation beschränkt sich dann allerdings in der Regel auf Bestände, die sich in einer Jungwaldphase befinden oder bei denen die Verjüngung eingeleitet wurde (Verjüngungsphase), die sogenannten Verjüngungsbestände: Jungwuchs/Dickung, Verjüngung unter Schirm (Bestände mit erfolgter Lichtung oder Gebirgswalddurchforstung) und plenterartiger Hochwald; insgesamt 252 000 ha oder rund 21% der zugänglichen Waldfläche ohne Gebüschwald (nicht dargestellt). Dabei wird unterschieden zwischen Naturverjüngung, künstlicher Verjüngung (Pflanzungen mit weniger als 20% Naturverjüngung) und gemischter Verjüngung (Pflanzungen mit mehr als 20% Naturverjüngung).

Von den Verjüngungsbeständen sind gemäss LFI4 92% reine Naturverjüngung (Tab. **181**), gleich viel wie im LFI3 (Brändli *et al.* 2010). In der Subalpinstufe hat der Anteil Naturverjüngung weiter zugenommen, in der kollinen/submontanen Stufe dagegen abgenommen. Letzteres hängt sicher auch damit zusammen, dass Lothar-Schadenflächen nicht selten bepflanzt wurden. Am höchsten

181 **Flächenanteil der Naturverjüngung in Verjüngungsbeständen nach Vegetationshöhenstufe**

in %
Auswertungseinheit: Verjüngungsbestände mit Angabe zur Verjüngungsart (= 20,6% des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald)

Verjüngungsbestände	Vegetationshöhenstufe						Schweiz	
	kolline/submontane		montane		subalpine			
	%	±	%	±	%	±	%	±
Jungwuchs/Dickung	67,2	3,9	82,0	2,6	98,2	1,0	83,2	1,6
Verjüngung unter Schirm	93,0	3,0	99,3	0,7	100,0	*	97,7	0,9
plenterartiger Hochwald	91,6	4,6	98,8	0,8	99,6	0,4	98,6	0,6
Gesamt	**78,1**	**2,6**	**92,1**	**1,2**	**99,1**	**0,5**	**91,7**	**0,7**

* Schätzfehler nicht berechenbar



WSL/LFI4

Natürliche Wiederbewaldung durch die lichtbedürftige Pionierart Birke; Tesserete TI.

ist der Anteil Naturverjüngung erwartungsgemäss in der subalpinen Stufe (99%), doch auch in der kollinen/submontanen Stufe beträgt er noch 78%, mit einem Minimum von 67% in Jungwüchsen/Dickungen.

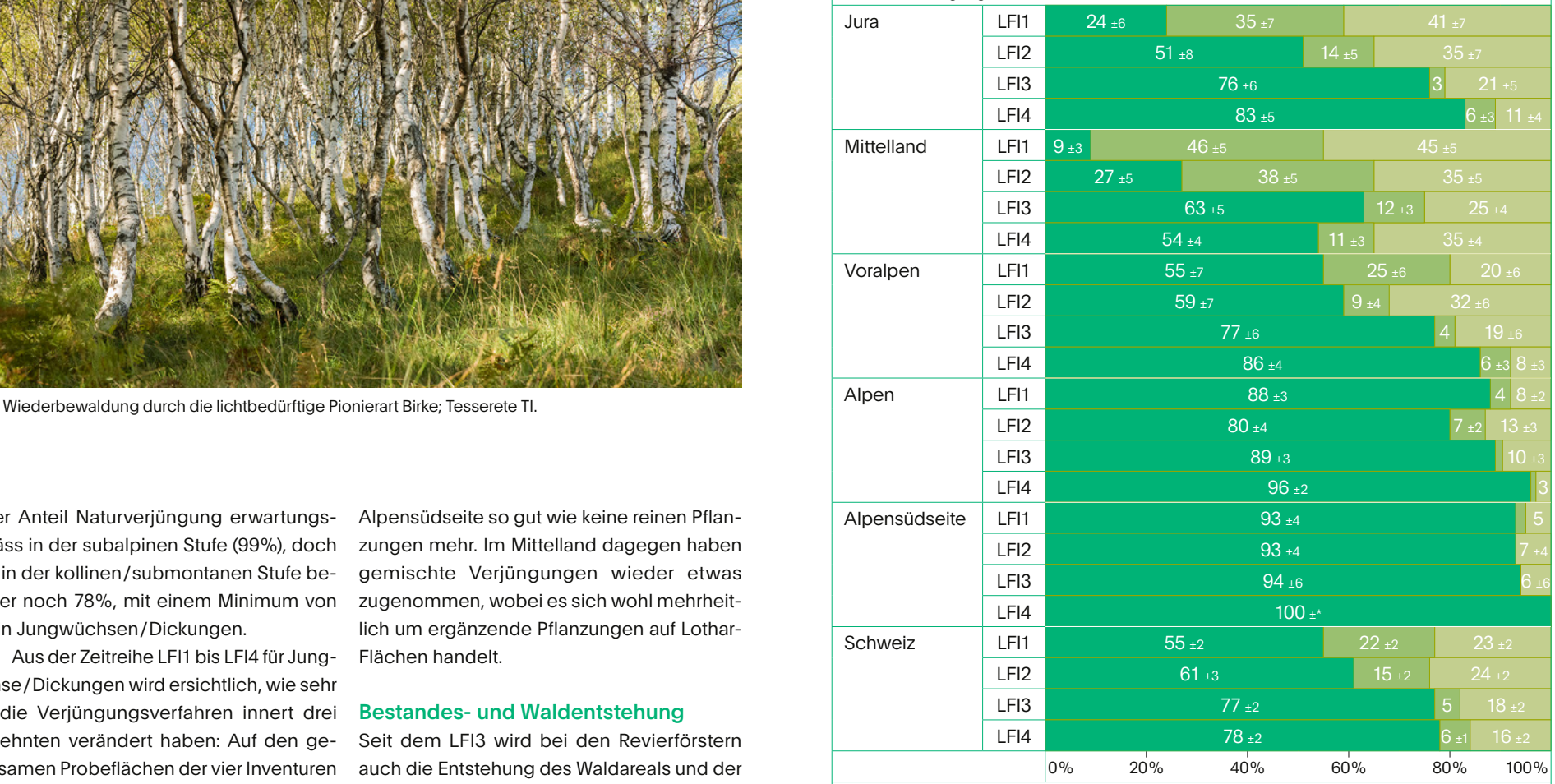
Aus der Zeitreihe LFI1 bis LFI4 für Jungwüchse/Dickungen wird ersichtlich, wie sehr sich die Verjüngungsverfahren innert drei Jahrzehnten verändert haben: Auf den gemeinsamen Probeflächen der vier Inventuren ist der Anteil reiner Naturverjüngungen von 55% auf 78% angestiegen (Abb. **182**). Seit dem LFI3 gab es in den Alpen und auf der Alpensüdseite so gut wie keine reinen Pflanzungen mehr. Im Mittelland dagegen haben gemischte Verjüngungen wieder etwas zugenommen, wobei es sich wohl mehrheitlich um ergänzende Pflanzungen auf Lothar-Flächen handelt.

Bestandes- und Waldentstehung

Seit dem LFI3 wird bei den Revierförstern auch die Entstehung des Waldareals und der aktuellen Bestockung auf den Probeflächen erfragt. Wo die Revierförster keine Kenntnisse haben, werden die vorgängigen Einschätzungen durch die Aufnahmegruppen im Wald verwendet. So ist es gelungen, den Anteil «Entstehung unbekannt» sehr tief zu halten. Im LFI4 konnte er gar weiter gesenkt werden.

182 **Fläche der Jungwüchse/Dickungen nach Verjüngungsart und Inventur**

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Jungwüchse/Dickungen mit Angaben zur Verjüngungsart
(= 7,5% des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald LFI1/LFI2/LFI3/LFI4)



* Schätzfehler nicht berechenbar



Eichenstangenholz, aus einer Pflanzung entstanden; Ermatingen TG.

81% der aktuellen Bestockung des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald haben ihren Ursprung aus rein natürlicher Verjüngung (Tab. **183**), leicht mehr als in der Vorinventur (Brändli *et al.* 2010). Auf der Alpensüdseite beträgt der entsprechende Anteil sogar 96%. Im Mittelland dagegen, wo bei der Waldverjüngung früher oft gepflanzt wurde, sind «nur» 49% der heutigen Bestände vollumfänglich aus Naturverjüngung entstanden. Dieser Anteil lässt sich nur im Rahmen der Waldverjüngung, also über lange Zeiträume, ändern. Im Gesamtwald, das heisst unter Einbezug der unzugänglichen Wälder und Gebüschwälder, liegt der Anteil der rein natürlich verjüngten Bestände bei 82% (nicht dargestellt). Dieser Wert liegt deutlich über dem Durchschnitt von 68% für Europa (Forest Europe 2015a).

Die Frage nach der Ursprünglichkeit des Waldareals wurde fast für jede Probefläche beantwortet. Demnach sind rund 84% der heutigen Waldfläche seit Menschengedenken Wald, 11% natürliche Wiederbewaldungen, und weitere 4% entstanden aus Aufforstungen, teilweise in Kombination mit Naturverjüngung (Tab. **184**). Die Vermutung liegt nahe, dass der Anteil der natürlichen Wiederbewaldung von vormals gerodeten Wäldern in der LFI-Umfrage unterschätzt wurde. Gemäss Brändli (2000) hat die Waldfläche seit 1860 um mindestens 35% zugenommen. Demzufolge haben Mitte des 19. Jahrhunderts erst rund 75% der heutigen Waldfläche bestanden. Diese Zahlen werden durch eine Auswertung der Siegfriedkarten aus dem Jahr 1880, auf denen rund 74% der heutigen Waldfläche als Wald kartiert wurden, bestätigt (Brändli *et al.* 2010; Ginzler *et al.* 2011a). Allerdings dürfte die Differenzfläche seinerzeit auch schon in einem gewissen Masse mit Bäumen bestockt gewesen sein (z. B. bestockte Weiden).

WSL/LFI4

183 **Waldfläche nach Art der Bestandesentstehung**

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Art der Bestandesentstehung	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
aus natürlicher Verjüngung	79,3	1,3	48,5	1,5	79,4	1,2	94,6	0,5	95,6	0,7	80,6	0,5
aus künstlicher Verjüngung	6,3	0,8	19,3	1,1	7,6	0,8	2,3	0,3	0,3	0,2	6,9	0,3
aus gemischter Verjüngung	14,3	1,1	31,8	1,4	12,7	1,0	3,0	0,4	4,1	0,7	12,3	0,4
unbekannt	0,1	0,1	0,4	0,2	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	*	0,2	0,1
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

* Schätzfehler nicht berechenbar

Einfacher zu beurteilen als die natürliche Wiederbewaldung sind die Aufforstungen, die von den Revierförstern sogar zeitlich eingeordnet wurden (Tab. **185**). Demnach wurde bis zum Jahr 1900 rund ein Drittel und in den beiden folgenden 50 Jahren je ein weiterer Drittel der Aufforstungen getätigt. Insgesamt sind es fast 53000 ha, was etwa der Waldfläche des Kantons Zürich entspricht. Diese Zahlen stimmen recht gut mit der Statistik des Bundes überein. Gemäss EDI (1965) wurden bis Ende 1963 insgesamt 38600 ha aufgeforstet (inkl. 6200 ha Ersatz von Kriegsrodungen), gemäss LFI3 waren es bis 1960 total 38000 ha (Brändli *et al.* 2010). Die späteren Aufforstungen waren weiterer Ersatz für Kriegsrodungen, Neubegründungen von Schutzwäldern und ab 1990 fast nur noch Ersatzaufforstungen für bewilligte Rodungen.

184 **Waldfläche nach Art der Waldentstehung**

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Art der Waldentstehung	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
immer schon Wald	85,5	1,1	92,5	0,8	83,4	1,1	84,1	0,8	71,9	1,6	84,2	0,5
natürliche Wiederbewaldung	6,2	0,8	2,8	0,5	8,3	0,8	13,7	0,8	26,3	1,5	11,0	0,4
künstliche Wiederbewaldung	5,1	0,7	3,1	0,5	6,2	0,7	1,4	0,3	0,4	0,2	3,1	0,2
gemischte Wiederbewaldung	2,8	0,5	0,8	0,3	1,7	0,4	0,6	0,2	1,0	0,4	1,3	0,1
unbekannt	0,5	0,2	0,8	0,3	0,4	0,2	0,2	0,1	0,4	0,2	0,4	0,1
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

185 **Waldfläche nach Jahr der Aufforstung**

in % pro Produktionsregion und in 1000 ha
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Jahr der Aufforstung	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz		
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	1000 ha	±%
vor 1851	1,2	0,3	0,3	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	4,0	22
1851–1900	1,8	0,4	0,9	0,3	3,1	0,5	0,4	0,1	0,3	0,2	1,2	0,1	14,7	12
1901–1950	2,5	0,5	1,0	0,3	2,4	0,5	0,7	0,2	0,6	0,3	1,4	0,1	16,3	11
1951–2000	2,3	0,5	1,6	0,4	2,1	0,4	1,0	0,2	0,4	0,2	1,4	0,2	17,2	11
2001–2013	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	*	0,0	*	0,0	*	0,0	0,0	0,4	71
keine Aufforstung oder unbekannt	92,1	0,9	96,1	0,6	92,1	0,8	97,9	0,3	98,6	0,4	95,6	0,3	1149,6	1
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**1202,2**	**1**

* Schätzfehler nicht berechenbar

5.4 Eingeführte Baumarten

- Für die Schweizer Forstwirtschaft waren eingeführte Baumarten immer von geringer Bedeutung. Nur 0,6% der Bäume gehören einer eingeführten Art an, tendenziell leicht weniger als im LFI3.
- Die Waldfläche, auf der eingeführte Baumarten dominieren, hat einen Anteil von 0,5%. Nur wenige europäische Länder haben einen ähnlich tiefen Wert.
- Die invasive Robinie dominiert auf 0,1% der Waldfläche.
- Alarmierend ist die Entwicklung bei den strauchförmigen Neophyten: Ihr Vorkommen auf den Probeflächen hat im letzten Jahrzehnt von 0,9% auf 1,9% zugenommen.



Die Roteiche *(Quercus rubra)* ist nach der Robinie *(Robinia pseudoacacia)* die häufigste eingeführte Laubbaumart; Kesswil TG.

WSL/LFI4

Definitionen und Problematik

Der Mensch verbreitet seit Jahrtausenden Tiere und Pflanzen, in grossem Ausmass allerdings erst seit dem Aufkommen der interkontinentalen Seefahrt. Als gängige Konvention für die zeitliche Abgrenzung von eingeführten Arten gilt das Jahr 1492, in dem Kolumbus Amerika entdeckte. Seither wurden aus aller Welt rund 12 000 Pflanzenarten nach Europa eingeführt, die sogenannten Neophyten, die Hälfte davon unbeabsichtigt (BUWAL und WSL 2005). Die Schweizer Flora enthält heute rund 300 Neophyten, welche Populationen bilden und sich somit mehr oder weniger etabliert haben (Landolt *et al.* 2010). Sie machen etwa 10% der gesamten Schweizer Flora aus (Lauber *et al.* 2012).

Problematisch sind jene eingeführten Arten, die sich selber weiterverbreiten und zudem einheimische Arten verdrängen: die invasiven Neophyten. In der Schweiz ist soweit bekannt keine einheimische Tier- oder

Pflanzenart durch Neophyten in ihrer Existenz bedroht (Klaus 2002). Eingeführte Arten bieten trotzdem immer ein gewisses ökologisches Risiko. Sie können tierische Nahrungsketten stören oder die heimische Vegetation konkurrenzieren. So besiedelt die eingeführte Robinie *(Robinia pseudoacacia)* – auf der Alpensüdseite stellenweise auch der Götterbaum *(Ailanthus altissima)* – Rohböden und verdrängt dort heimische Pionierpflanzen und seltene Pflanzengesellschaften auf Magerstandorten (Wunder *et al.* 2018; Vítková *et al.* 2018).

Der Umgang mit invasiven gebietsfremden Arten ist in der Verordnung über den Umgang mit Organismen in der Umwelt vom 10. September 2008 geregelt (Freisetzungsverordnung; SR 814.911). Dort sind im Anhang 2 auch die verbotenen Arten gelistet. Von diesen zählt einzig der Essigbaum *(Rhus typhina)* zu den Gehölzarten. Die Baumarten, welche im Wald gesetzt oder natürlich verjüngt werden dürfen, sind in der Verordnung über forstliches Vermehrungsgut vom 29. November 1994 aufgeführt (SR 921.552.1). Sie enthält neben den einheimischen Arten auch eingeführte Arten, unter anderem die Robinie. Letztere dürfen somit verwendet werden, wenn es der Standort erlaubt.



Die Douglasie *(Pseudotsuga menziesii)* ist die häufigste eingeführte Nadelbaumart und verjüngt sich nicht selten spontan; Gurtnellen UR.

WSL/LFI4

186 **Stammzahl und Stammzahlanteil der eingeführten Baumarten nach Baumart und Inventur**

in 1000 Stück und %
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

eingeführte Baumarten		LFI3				LFI4			
		1000 Stk.	± %	%	±	1000 Stk.	± %	%	±
Robinie	*Robinia pseudoacacia*	1112,8	26	0,23	0,06	1211,3	25	0,25	0,06
Douglasie	*Pseudotsuga menziesii*	988,4	25	0,20	0,05	868,0	20	0,18	0,04
Schwarzföhre	*Pinus nigra*	218,9	50	0,04	0,02	185,0	51	0,04	0,02
Strobe	*Pinus strobus*	74,6	34	0,02	0,01	56,2	39	0,01	0,00
Roteiche	*Quercus rubra*	132,3	86	0,03	0,02	96,0	74	0,02	0,01
Zuchtpappeln	z. B. *Populus x canadensis*	80,4	52	0,02	0,01	69,6	56	0,01	0,01
Götterbaum	*Ailanthus altissima*	54,0	84	0,01	0,01	54,3	100	0,01	0,01
übrige eingeführte Baumarten		498,0	25	0,10	0,03	237,2	36	0,05	0,02
Total		**3159,4**	**14**	**0,64**	**0,09**	**2777,6**	**14**	**0,57**	**0,08**

Daneben gibt es in der Schweiz auch die rechtlich nicht bindende «Schwarze Liste», die auf problematische Neophyten hinweist. Sie umfasst derzeit 40 eingeführte Pflanzenarten, die sich rasch ausbreiten, erwiesenermassen naturschützerische, gesundheitliche oder wirtschaftliche Schäden verursachen und deren Ausbreitung verhindert werden soll (Buholzer *et al.* 2014; Weber *et al.* 2005). Auf der nationalen «Schwarzen Liste» stehen die Baumarten Robinie, Götterbaum und Essigbaum *(Rhus typhina)* sowie die Waldgehölze Kirschlorbeer *(Prunus laurocerasus),* Spätblühende Traubenkirsche *(Prunus serotina),* Henrys Geissblatt *(Lonicera henryi),* Japanisches Geissblatt *(Lonicera japonica),* Kudzu *(Pueraria lobata),* Sommerflieder *(Buddleja davidii),* Armenische Brombeere *(Rubus armeniacus)* und Hanfpalme *(Trachycarpus fortunei).*

Unter dem Aspekt des Klimawandels können gewisse eingeführte Baumarten auch von Vorteil sein. Eine Einschätzung des Potenzials von 19 eingeführten Baumarten zeigt, dass zurzeit die Douglasie *(Pseudotsuga menziesii),* die Grosse Küstentanne *(Abies grandis)* und die Orientbuche *(Fagus orientalis)* für bestimmte Standorte empfohlen werden können (Brang *et al.* 2016b).

Mit dem LFI werden alle verholzten Pflanzen erfasst. Dabei wird anhand der Gehölzart unterschieden zwischen Bäumen und Sträuchern (Keller 2013a). Letztere sind in der Regel ausdauernde Holzgewächse, die vom Grund auf (basiton) verzweigt sind und nicht über fünf Meter hoch werden können (siehe Kap. 9.2 Glossar). Eine der Ausnahmen von dieser Regel ist die Hanfpalme *(Trachycarpus fortunei),* die im LFI unter den Sträuchern geführt wird.

Vorkommen

Die baumförmigen Neophyten stammen fast ausschliesslich aus Nordamerika. Sie wurden bei uns zur Aufforstung armer Böden oder wegen ihrer Raschwüchsigkeit und ihren Holzeigenschaften für die Holzproduktion eingeführt. Die Douglasie gilt zudem im Vergleich zur Fichte als standfester (von Lerchenfeld 2008). Dennoch: In der schweizerischen

Forstwirtschaft spielte der Anbau bisher immer eine vernachlässigbare wirtschaftliche Rolle, auch aus ökologischen Überlegungen. Eingeführte Baumarten kommen fast ausschliesslich in tiefen Lagen bis 1000 m ü. M. vor (Conedera und Brändli 2015). Gemäss LFI4 zählen nur 0,6% aller Bäume zu den Neophyten. Die häufigsten Arten sind Robinie, Douglasie, Schwarzföhre, Strobe (Weymouthsföhre), Roteiche, Zuchtpappeln und Götterbaum (Tab. **186**). Die Vorkommen sind so gering, dass nur gerade die häufigsten Holzarten sowie die Nordmannstanne – als Weihnachtsbaum – einen Nischenmarkt haben.

Der Anteil der eingeführten Baumarten an der Stammzahl betrug im LFI1 und im LFI2 0,5%, im LFI3 und im LFI4 rund 0,6%. Seit dem LFI3 haben die eingeführten Baumarten insgesamt sowie auch alle Arten ausser Robinie und Götterbaum tendenziell abgenommen. Die Unterschiede zwischen den Inventuren und den Arten sind aber statistisch nicht signifikant, ausser in der Region Jura, wo der Anteil Probeflächen mit eingeführten Baumarten deutlich abgenommen hat (Tab. **187**). Der heutige Anteil an eingeführten Baumarten ist ökologisch weitgehend unbedenklich, abgesehen von der invasiven Robinie. Der problematische Götterbaum ist noch sehr selten. Im LFI3 wurde er als Baum oder in der Verjüngung auf drei Probeflächen gefunden, im LFI4 auf deren zehn (nicht dargestellt). Um die Ausbreitung dieser invasiven Neophyten einzudämmen, wurden neue Strategien entwickelt (Wunder *et al.* 2018; Vítková *et al.* 2018).

Bei den strauchförmigen Neophyten, deren Präsenz seit dem LFI3 erfasst wird, zeigt sich dagegen eine rasante Zunahme: Wurden im LFI3 noch auf 0,9% der Probeflächen strauchförmige Neophyten gefunden, sind es



Auch problematische Neophyten wie die Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*) haben ihren Reiz; Monte Carasso, Bellinzona TI.

WSL/LFI4

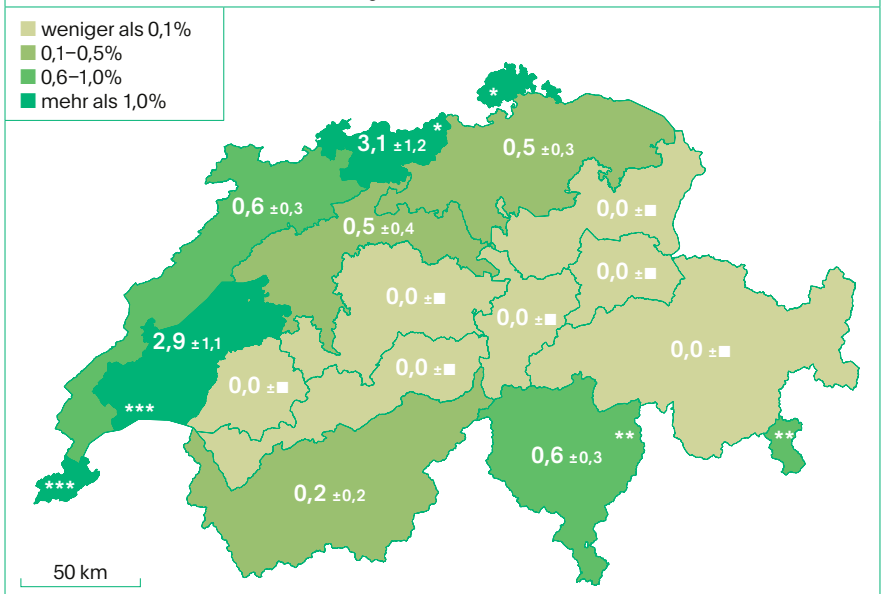
187 **Anteil Probeflächen (200 m²) mit Präsenz von baumförmigen und strauchförmigen Neophyten nach Inventur**

in %
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

Probeflächen	Inventur	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
		%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
mit baumförmigen Neophyten	LFI3	5,2	0,7	10,5	0,9	1,2	0,3	1,2	0,3	5,1	0,8	4,2	0,3
	LFI4	3,1	0,5	10,5	0,9	0,8	0,3	0,9	0,2	5,1	0,8	3,7	0,2
mit strauchförmigen Neophyten	LFI3	0,5	0,2	0,7	0,2	0,4	0,2	0,8	0,2	2,7	0,6	0,9	0,1
	LFI4	1,1	0,3	2,9	0,5	0,8	0,3	1,4	0,3	4,5	0,8	1,9	0,2

188 **Anteil der von eingeführten Baumarten dominierten Waldfläche**

Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald
Anteil Waldfläche mit mehr als 50% eingeführten Baumarten



*/**/*** gleiche Wirtschaftsregion
□ Schätzfehler nicht berechenbar

im LFI4 bereits 1,9%. In den Regionen Mittelland und Alpensüdseite stiegen die Werte von 0,7 auf 2,9% und von 2,7 auf 4,5% (Tab. **187**). So wurde beispielsweise der Sommerflieder *(Buddleja davidii)* im LFI3 gesamtschweizerisch auf neun Probeflächen vorgefunden, im LFI4 bereits auf 50 Probeflächen.

Dominanz

Als Indikator auf internationaler Ebene gilt der Anteil Waldfläche, auf dem eingeführte Baumarten dominieren. Im LFI entspricht dies dem Anteil der Probeflächen, auf denen eingeführte Baumarten mindestens 50% des Vorrates ausmachen. Dieser Anteil beträgt 0,5% und ergibt eine Fläche von rund 6000 ha (Tab. **189**). Diese Fläche hat zwischen LFI1 und LFI3 leicht zugenommen (Brändli *et al.* 2010), sich aber seither nicht mehr signifikant verändert. Im Vergleich mit dem Durchschnitt für Europa, wo eingeführte Baumarten auf 4,4% der Waldfläche dominieren, ist der Anteil in der Schweiz sehr gering (Forest Europe 2015a). Am grössten sind die Anteile im östlichen Jura und im westlichen Mittelland (Abb. **188**).

Die Fläche der Bestände, in denen invasive eingeführte Baumarten dominieren, beläuft sich in der Schweiz auf 2000 ha (Tab. **189**), was rund 0,1% der Waldfläche entspricht. Dabei handelt es sich ausschliesslich um die Robinie (nicht dargestellt). Die Hauptverbreitung der Robinie liegt nach LFI unterhalb von 600 m ü. M., aber sie wurde im LFI1 bis 1100 m ü. M. gefunden (Brändli 1996). Mehr als die Hälfte der «Robinienbestände» wachsen auf der Alpensüdseite (Tessin), der Rest im östlichen Jura, im westlichen Mittelland und im Wallis.

189 **Waldfläche dominiert von invasiven und nicht invasiven eingeführten Baumarten**

in 1000 ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Dominanz von eingeführten Baumarten	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %
nicht von eingeführten Baumarten dominiert	197,8	1	225,5	1	222,3	1	393,5	1	157,2	2	1196,2	1
von nicht invasiven eingeführten Baumarten dominiert	1,9	31	2,2	30	0,0	*	0,0	*	0,0	*	4,1	22
von invasiven eingeführten Baumarten dominiert	0,4	71	0,2	**	0,0	*	0,2	**	1,0	45	1,8	33
Total	**200,1**	**1**	**227,9**	**1**	**222,3**	**1**	**393,7**	**1**	**158,3**	**2**	**1202,2**	**1**

* Schätzfehler nicht berechenbar
** Schätzfehler ≥ 100%

5.5 Totholz

Totes Holz ist die Lebensgrundlage für viele typische Waldarten. Das Volumen an liegendem und stehendem Totholz beträgt im Durchschnitt 24,2 m^3/ha. Die gesamte Totholzmenge inklusive Holzerntereste und dünnem liegendem Totholz beläuft sich auf 34,3 m^3/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, zum Teil 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.

WSL/LFI4

Lebensraum Totholz

Als grösstes ökologisches Defizit im gut erschlossenen Wirtschaftswald bezeichnete der Naturschutz vor 30 Jahren das Fehlen von Alt- und Totholz (SBN 1989). Totholz ist charakteristisch für natürliche Waldökosysteme und bildet die Lebensgrundlage für holzabbauende Pilze, Flechten, Moose und Tiere, besonders Insekten und Vögel, aber auch mehrere Fledermaus-, Amphibien- und Reptilienarten. Etwa ein Viertel aller Waldarten zählt zur Gruppe der Totholznutzer, die mindestens während eines Teils ihres Lebens auf Totholz oder auf holzbewohnende (xylobionte) Arten angewiesen sind (Lachat *et al.* 2014). Insekten und Pilze sind dabei die artenreichsten Gruppen. In der Schweiz können über 1700 Käferarten und über 2700 Grosspilze ohne Totholz nicht leben (Lachat *et al.* 2014).

Besonders viele Arten leben in vermodernden Stämmen. Dort oder in morschen Baumhöhlen leben Grossinsekten wie der Grosse Rosenkäfer *(Protaetia aeruginosa)* oder der Eremit *(Osmoderma eremita)* – Arten, die zu den am meisten gefährdeten in Mitteleuropa zählen. Heute besteht für praktisch die Hälfte der holzbewohnenden Käferarten Handlungsbedarf (Monnerat *et al.* 2016). Totholz trägt auch zur Bodenbildung bei und ist besonders in Gebirgswäldern ein wichtiges Keimbett für die nächste Baumgeneration. Neben weiteren Vorteilen (Schutz vor Naturgefahren, Wasser- und Kohlenstoffspeicher) birgt Totholz an gewissen Orten auch Risiken wie Waldbrandgefahr oder Unfallgefahr durch fallende Äste und Dürrständer (Lachat *et al.* 2014).



Totholz ist auch ein wertvolles Substrat für die Waldverjüngung im Gebirgswald; Urwaldreservat Scatlè, Brigels GR.

Totholzvolumen

Weist der Schweizer Wald genügend Totholz auf? Je nach Waldgesellschaft und Entwicklungsphase kommen in europäischen Urwäldern zwischen 20 und 250 m^3/ha Totholz vor, in der Zerfallsphase sehr alter Bestände kleinräumig bis zu 400 m^3/ha (Brändli 2005a). Im ukrainischen Buchenurwald Uholka-Schyrokyj Luh wurden durchschnittlich 163 m^3/ha ermittelt (Commarmot *et al.* 2013). Wie viel Totholz aber nötig ist, um gefährdete Arten zu erhalten, ist noch immer Gegenstand der Forschung. Die meisten xylobionten Arten der europäischen Wälder brauchen zwischen 20 und 50 m^3/ha, einzelne seltene und besonders anspruchsvolle Arten über 100 m^3/ha (Müller und Bütler 2010; Bässler und Müller 2010). Dabei bestehen Unterschiede zwischen Waldtypen: In hochmontanen bis subalpinen Fichtenwäldern und anderen Bergwäldern braucht es 20 bis 30 m^3/ha, während in kollinen bis montanen Buchen- und Laubmischwäldern 30 bis 50 m^3/ha nötig sind (Imesch *et al.* 2015). In der Waldpolitik 2020 sind für Jura, Mittelland und Alpensüdseite 20 m^3/ha und für die Voralpen und Alpen 25 m^3/ha als Sollwerte festgehalten (BAFU 2013a).

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. Da im LFI1 nur jene toten Probebäume erhoben wurden, die noch mindestens als Brennholz verwendbar waren, ist das Totholzvolumen LFI1 nicht direkt mit jenem der Folgeinventuren vergleichbar.

Die zweite Methode dient der Erhebung des mit der ersten Methode noch nicht erfassten liegenden Totholzes. Sie wurde im LFI3 im Hinblick auf die Bilanzierung des im Wald gebundenen Kohlenstoffs eingeführt. Auf den Probeflächen werden hierfür drei Transekte angelegt, auf denen das übrige liegende Totholz ab 7 cm Durchmesser (LFI-Derbholzgrenze) mit der Methode des «Line Intersect Sampling» (LIS) erfasst wird. Dabei werden auch Reste von geernteten Probebäumen erfasst. Zusammen mit dem Totholzvolumen resultiert daraus die sogenannte **Totholzmenge,** die wesentlich grösser ist als das Totholzvolumen. Dies verdeutlicht, wie sehr die Kluppschwelle und die Erhebungsmethode die Resultate zum Totholz beeinflussen können. Böhl und Brändli (2007) haben für das Gebiet Jura/Mittelland mit der Methode des LIS gezeigt, dass bei einer Kluppschwelle von 7 cm beim liegenden Totholz ein um 28% grösseres Volumen resultiert als bei einer Kluppschwelle von 12 cm.

190 **Totholzvolumen nach Baumzustand**

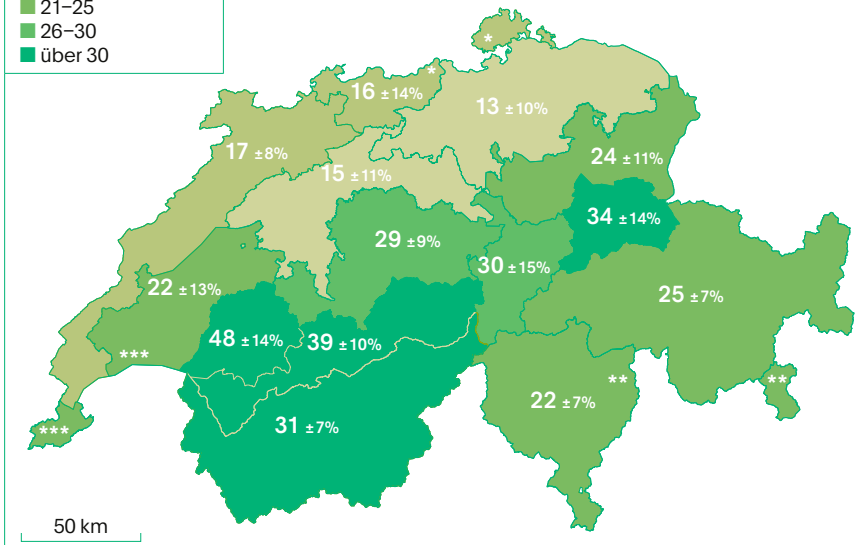
in m^3/ha und 1000 m^3 pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Baumzustand	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	m^3/ha	± %	m^3/ha	± %	m^3/ha	± %	m^3/ha	± %	m^3/ha	± %	m^3/ha	± %
stehend	8,6	9	8,7	8	16,1	8	13,2	6	11,0	8	11,8	3
liegend	8,2	9	6,7	9	15,0	9	16,9	5	11,3	10	12,4	3
Total	**16,8**	7	**15,4**	6	**31,2**	6	**30,0**	4	**22,3**	7	**24,2**	3
	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %
stehend	1718	9	1980	8	3585	8	5181	6	1747	8	14210	3
liegend	1634	9	1525	9	3343	9	6635	5	1784	10	14922	4
Total	**3352**	7	**3505**	7	**6928**	7	**11816**	4	**3531**	7	**29132**	3

Das **Totholzvolumen** im Schweizer Wald beträgt rund 29 Mio. m^3 oder 24,2 m^3/ha, davon entfällt rund die Hälfte (11,8 m^3/ha) auf stehende tote Bäume, die sogenannten Dürrständer (Tab. **190**). 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 m^3/ha (nicht dargestellt) 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 (Abb. **191**). 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. Entscheidend für die Erhaltung der Artenvielfalt sind aber nicht nur regionale Mittelwerte, sondern auch eine gute Vernetzung von totholzreichen Lebensräumen wie Naturwaldreservaten (Lachat *et al.* 2014).

191 **Totholzvolumen**

Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald



*/**/*** gleiche Wirtschaftsregion

WSL/LFI4



Bergwälder sind reicher an Totholz als Wälder der Tieflagen; Anzonico, Faido TI.

Innerhalb der Regionen bestehen zudem grosse Unterschiede: Das Totholz dürfte sich noch immer zu einem erheblichen Teil auf vom Orkan Lothar betroffene Gebiete konzentrieren, in anderen Gebieten dagegen fast fehlen. So betragen die Totholzvolumen in den Forstkreisen Freiburg 3 und Luzern 3 über 60 m^3/ha, für die Kantone Thurgau, Neuenburg und Schaffhausen liegen die Durchschnittswerte unter 10 m^3/ha (nicht dargestellt).

Je nach potenzieller natürlicher Vegetation variiert das Totholzvolumen zwischen durchschnittlich 18 m^3/ha in Buchenwäldern und 37 m^3/ha in Tannen-Fichtenwäldern. Letztere stehen häufiger in steilem und schlechter erschlossenem Gelände, wo weniger intensiv Holz genutzt wird. Nadelwaldgesellschaften haben höhere Totholzvolumen, mit Ausnahme der Arven- und Lärchenwälder, die in der Regel generell tiefere Vorräte und damit auch weniger Totholz aufweisen (Tab. **192**). Auch hinsichtlich Waldnutzung (Waldfunktionen) zeigen sich beträchtliche Unterschiede: Im Erholungswald, wo das Risiko für die Erholungsuchenden minimiert wird, beträgt das Totholzvolumen 12 m^3/ha, im Wald mit Vorrangfunktion Naturschutz dagegen 31 m^3/ha. Auffallend ist das hohe Totholzvolumen von 30 m^3/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 41 % grösser als das Totholzvolumen und erreicht 34,3 m^3/ha. Dieser grosse Unterschied erklärt sich durch den in bewirtschafteten Wäldern hohen Anteil an Totholz mit kleinen Durchmessern (Lachat *et al.* 2014). Die Totholzmenge kommt der oberirdischen Totholzbiomasse schon recht nahe. Stehende Wurzelstöcke von weniger als 1,3 m Höhe, kleine Äste unter 7 cm Durchmesser und Totholz in den Baumkronen sind

192 **Totholzvolumen nach potenzieller natürlicher Vegetation und Vorrangfunktion**

in m^3/ha
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Waldformation	Vorrangfunktion											
	Holzproduktion		Schutz vor Naturgefahren		Erholung		Naturschutz		übrige oder keine Waldfunktionen		Gesamt	
	m^3/ha	± %	m^3/ha	± %	m^3/ha	± %	m^3/ha	± %	m^3/ha	± %	m^3/ha	± %
Buchenwälder	14,2	7	26,1	9	10,9	34	28,4	17	17,6	20	17,8	5
Tannen-Buchenwälder	21,0	14	34,6	9	3,7	40	37,4	28	19,3	26	28,4	7
übrige Laubwälder	13,3	14	25,0	6	18,4	36	30,1	23	20,3	21	21,8	6
Tannen-Fichtenwälder	30,1	17	41,1	8	14,2	79	43,2	24	27,4	24	37,2	7
Fichtenwälder	26,8	23	35,5	8	0,9	61	30,3	21	15,7	18	30,2	7
Arven- und Lärchenwälder	13,5	55	20,6	13	0,0	*	20,2	37	11,2	29	18,4	11
Föhrenwälder	24,4	30	30,3	15	4,4	50	35,8	26	12,5	29	27,5	11
keine Angabe	6,3	58	14,5	28	0,0	*	15,9	43	2,9	50	10,1	21
Gesamt	**17,0**	**5**	**30,4**	**3**	**11,9**	**25**	**31,0**	**9**	**16,4**	**9**	**24,2**	**3**

* Schätzfehler nicht berechenbar

WSL/LFI4

allerdings nicht enthalten. Im laufenden LFI5 wird deshalb erstmals eine umfassende Stockinventur durchgeführt. Je nach Region ist die Totholzmenge rund 10 bis 70% grösser als das Totholzvolumen (Abb. **193,** nicht dargestellt).

Vom Gesamtholzvolumen entfallen 6,5% auf Totholz (Tab. **194**). Je nach Baumart (Holzart) 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.

Veränderungen und Totholzqualität

Während auf europäischer Ebene teilweise mangels Daten keine klaren Veränderungen ausgewiesen werden können, bestätigen die Sanasilva-Inventur und das LFI für die Schweiz eine stetige Zunahme von Totholz seit Mitte der 1990er Jahre (Dobbertin 2004; Brändli 2005a). Seit dem LFI2 hat das Totholzvolumen auf den gemeinsamen Probeflächen innert

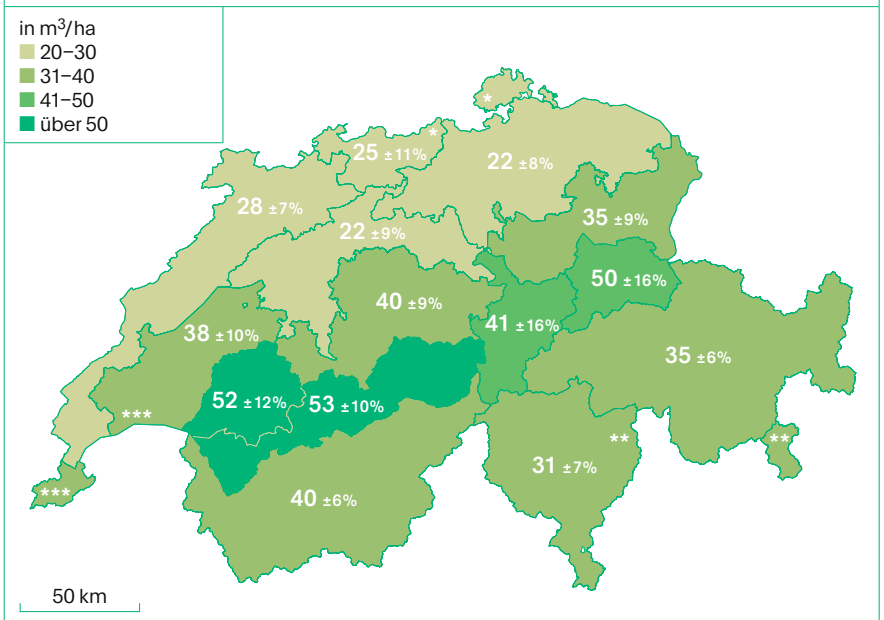


Der Echte Zunderschwamm *(Fomes fomentarius)* ist einer der Baumpilze, die im LFI erhoben werden; Sihlwald, Horgen ZH.

WSL/LFI4

193 Totholzmenge

Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald



*/**/*** gleiche Wirtschaftsregion

194 **Totholzvolumen nach Hauptbaumart, Hoch- und Tieflagen**

in 1000 m^3 und %
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Hauptbaumart	Tieflagen		Hochlagen		Total		Totholzanteil[1]	
	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	1000 m^3	± %	%	±
Fichte	3070	7	12500	5	15570	4	7,9	0,3
Tanne	1762	10	1569	11	3330	7	5,0	0,4
Föhre	989	11	497	15	1486	9	11,2	0,8
Lärche	162	29	1416	9	1578	9	5,9	0,5
Arve	0	*	197	23	197	23	6,5	1,3
übrige Nadelhölzer	6	39	24	34	30	28	1,7	0,6
Buche	1605	10	514	16	2120	8	2,7	0,2
Ahorn	200	17	80	21	279	13	2,1	0,3
Esche	526	13	52	46	578	13	3,5	0,4
Eiche	392	16	3	63	396	16	4,4	0,7
Kastanie	912	13	0	*	912	13	14,1	1,6
übrige Laubhölzer	1176	8	735	10	1911	6	11,1	0,7
Total	**11081**	**4**	**18051**	**4**	**29132**	**3**	**6,5**	**0,2**

* Schätzfehler nicht berechenbar
[1] in % des Gesamtholzvolumens pro Baumart

195 **Totholzvolumen nach Baumzustand, Nadel- und Laubholz und Inventur**

in m^3/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**	**3**	**13,1**	**4**	**25,7**	**3**

zweier Jahrzehnte von 10,8 auf 25,7 m^3/ha, d.h. um 138% zugenommen (Tab. **195**). 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 Waldbewirtschafter geworfene Bäume vermehrt im Wald belassen.

Beim Totholz zählt nicht nur die Quantität, sondern auch die Qualität. Die Vielfalt an Grössenklassen oder Abbauzuständen bestimmt die Zusammensetzung der Artengemeinschaften (Lachat *et al.* 2014).

Von besonderem Interesse sind dicke stehende tote Bäume, da sie Raum für Mikrohabitate wie Specht- und Mulmhöhlen bieten, viel langsamer abgebaut werden und damit länger im Bestand verbleiben als dünne und liegende tote Bäume. Zudem weisen sie auch relativ konstante Feuchtigkeits- und Temperaturverhältnisse auf. Speziell diese Habitatkontinuität ist für gewisse Arten wie etwa den Hirschkäfer *(Lucanus cervus)* von existenzieller Bedeutung (Wald und Holz NWR 2014). Fachleute schätzen, dass mindestens fünf

bis zehn Dürrständer oder Habitatbäume pro Hektare Wald erhalten bleiben müssen, damit die davon abhängigen Arten überleben können (Bütler *et al.* 2013). Derzeit liegt der Durchschnittswert für Dürrständer auf den gemeinsamen Probeflächen bei 27 Stück/ha (Kluppschwelle 12 cm). Die Zahl der dicken Dürrständer ab 36 cm beträgt 3,3 Stück/ha. Sie hat sich in den 20 Jahren seit dem LFI2 mehr als verdoppelt (Tab. **196**). 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).

Zur Erhaltung der Biodiversität sollten möglichst alle Abbaustadien von Totholz hinreichend vertreten sein. Denn gewisse Arten benötigen frisches Totholz in Rinde, während andere Arten auf stark zerfallenes Mulmholz angewiesen sind. Arten, die sich auf die letzten Abbaustadien spezialisiert haben, sind wenig mobil. Wo Moder- und Mulmholz fehlen, besteht die Gefahr, dass diese Arten lokal verschwinden (Schiegg Pasinelli und Suter 2002; Wermelinger und Duelli 2002). Totholz sollte deshalb möglichst bis zur vollständigen Zersetzung im Wald verbleiben. Bis ein Baum zu 95 Prozent abgebaut ist, dauert es bei Buchen etwa 25 Jahre, bei Fichten und Tannen etwa 80 Jahre (Lachat *et al.* 2014). Naturwaldreservate können erste Hinweise geben, wie die Stadien im Naturwald vertreten wären,



Dicke vermoderte Stämme sind noch relativ selten. Der grösste Teil des Totholzes ist Hartholz; Bergdietikon AG.

WSL/LFI4

196 **Totholzstammzahl nach Baumzustand, Durchmesser und Inventur**

in Stk./ha
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI2/LFI3/LFI4

Durchmesser (BHD)	Inventur	stehend		liegend		Total	
		Stk./ha	± %	Stk./ha	± %	Stk./ha	± %
12–35 cm	LFI2	18,2	4	7,8	6	26,0	3
	LFI3	23,5	3	15,0	4	38,6	3
	LFI4	23,5	3	22,2	3	45,7	2
ab 36 cm	LFI2	1,5	6	1,2	9	2,6	6
	LFI3	3,1	5	2,9	5	6,0	4
	LFI4	3,3	5	3,9	5	7,1	3
Total	**LFI2**	**19,6**	**3**	**9,0**	**5**	**28,6**	**3**
	LFI3	**26,6**	**3**	**17,9**	**4**	**44,5**	**3**
	LFI4	**26,8**	**3**	**26,0**	**3**	**52,8**	**2**

197 **Totholzbasalfläche nach Baumzustand, Holzfestigkeit und Inventur**

in m^2/ha
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4

Holzfestigkeit	Inventur	stehend		liegend		Total	
		m^2/ha	± %	m^2/ha	± %	m^2/ha	± %
Frischholz	LFI3	0,02	16	0,01	34	0,03	15
	LFI4	0,01	18	0,01	29	0,03	16
Hartholz	LFI3	0,97	4	0,55	6	1,52	4
	LFI4	0,90	4	0,52	5	1,42	3
Morschholz	LFI3	0,17	7	0,27	6	0,44	5
	LFI4	0,25	6	0,46	5	0,71	4
Moderholz	LFI3	0,07	12	0,16	7	0,23	6
	LFI4	0,10	9	0,33	5	0,43	5
Mulmholz	LFI3	0,01	33	0,02	18	0,03	16
	LFI4	0,01	30	0,07	10	0,07	10
Total	**LFI3**	**1,24**	**4**	**1,01**	**4**	**2,25**	**3**
	LFI4	**1,28**	**3**	**1,38**	**3**	**2,66**	**2**

obschon sich in Buchenwäldern frühestens 300 Jahre nach der letzten Nutzung typische Urwaldstrukturen einstellen (Rademacher *et al.* 2001). 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% (Tab. **197**). 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 Volumen und Anteile von Morsch-, Moder- und Mulmholz.

Die Qualität des Totholzes hat sich also bezüglich Durchmesser und Abbaugrad verbessert. Davon profitieren beispielsweise Spechte mit ihren Höhlen, Pilze und die Baumverjüngung auf liegendem Totholz. Bereits mit dem LFI3 wurde gezeigt, dass diese mit zunehmendem Durchmesser und Abbaugrad des Totholzes häufiger auftreten (Brändli 2005b; Brändli *et al.* 2010).

5.6 Naturnähe und Biotopwert

- Urwälder sind in der Schweiz äusserst selten, aber rund 20% der Waldfläche wurden 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.
- Im Laubwaldareal ist der Nadelholzanteil weiter rückläufig, ähnlich wie in der Vorperiode. Im Mittelland hat die Fläche der sehr naturfernen Fichtenbestände um 22% abgenommen.
- In der Gesamtbilanz von Gehölzartenvielfalt, Naturnähe und Strukturvielfalt hat die ökologische Qualität der Waldbestände leicht und jene der Waldränder geringfügig zugenommen.

WSL/LFI4

Ungestörte Wälder

Ungestörte, ursprüngliche Wälder (Urwälder) sind ein heute seltenes Naturgut und wichtig, weil in diesen natürliche Prozesse ungehindert ablaufen können. Die mitteleuropäischen **Urwälder,** insbesondere die Buchenurwälder, haben, mit Ausnahme von Moosen und Flechten (Kaufmann *et al.* 2017), im Vergleich zu naturnah bewirtschafteten Kulturwäldern zwar oft keine höhere Artenvielfalt (Duelli *et al.* 2005; FAO 2006), beherbergen aber mehr störungsempfindliche oder auf alte Wälder angewiesene Arten wie bestimmte Mollusken, Moose und Flechten (BDM 2009; Commarmot und Brang 2011).

In Europa (ohne Russland) machen Urwälder nur noch 4% der Waldfläche aus (Forest Europe *et al.* 2011), und diese kommen vorwiegend in Skandinavien und Osteuropa vor. In der Schweiz bedecken Urwälder, das heisst nachweislich unberührte Wälder, nur rund 30 ha und damit weniger als 0,01% der Waldfläche (Brändli und Brang 2015). Sie liegen in den Waldreservaten Derborence (VS) und Scatlè (GR). Auch der Bödmerenwald (SZ) weist gewisse Eigenschaften eines Urwaldes auf. Daneben gibt es in den Alpen in unzugänglichen, steilen Lagen noch kleinflächige unberührte Wälder in unbekannter Zahl.

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



Lange nicht genutzter Fichtenbergwald auf Karst; Bödmeren, Muotathal SZ.

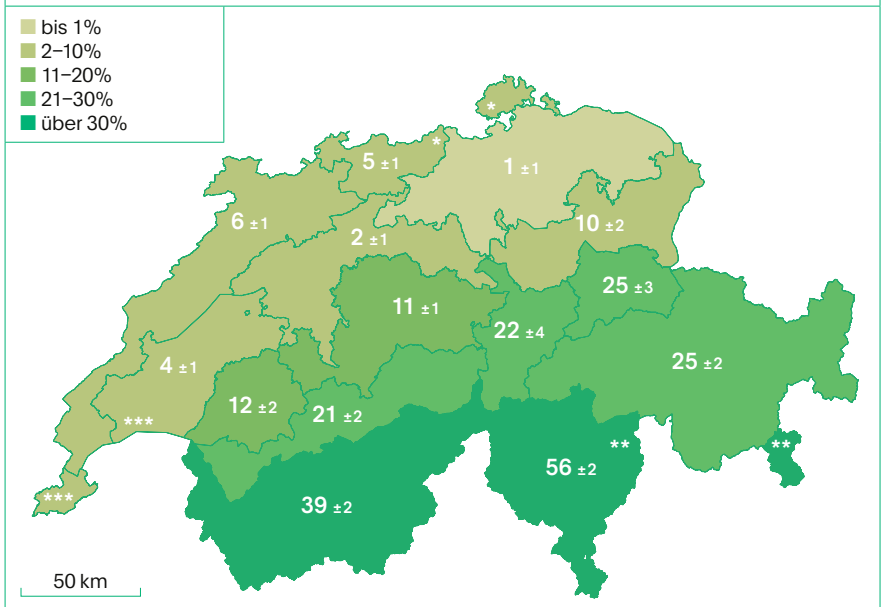
198 **Anteil Waldfläche ohne forstliche Eingriffe seit über 50 Jahren nach Vegetationshöhenstufe und Inventur**

in % und in 1000 ha
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI1/LFI2/LFI3/LFI4

Vegetationshöhenstufen	LFI1		LFI2		LFI3		LFI4			
	%	±	%	±	%	±	%	±	1000 ha	± %
obere subalpine	38,1	3,1	44,8	3,2	60,0	3,1	63,7	3,1	31,3	8
untere subalpine	20,2	1,2	20,8	1,2	25,6	1,3	25,6	1,3	53,9	6
obere montane	12,2	0,9	13,8	0,9	15,8	1,0	18,2	1,0	46,1	6
untere montane	8,2	0,8	7,9	0,8	9,9	0,8	12,1	0,9	29,9	8
kolline/submontane	7,2	0,7	6,7	0,6	10,5	0,7	10,5	0,7	31,1	7
Gesamt	**12,7**	**0,4**	**13,3**	**0,4**	**16,9**	**0,5**	**18,2**	**0,5**	**192,3**	**3**

199 **Anteil Waldfläche ohne forstliche Eingriffe seit über 50 Jahren**

Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald



*/**/*** gleiche Wirtschaftsregion

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 (Kap. 4, Tab. **130**). Auf den gemeinsamen Probeflächen der bisherigen Inventuren beläuft sich dieser Anteil im LFI4 auf 18%. Beim LFI1, drei Jahrzehnte zuvor, lag der Anteil noch bei knapp 13% (Tab. **198**). Den grössten Anteil hat diese Art von «Waldwildnis» 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 (Abb. **199**).

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 (nicht dargestellt).

Nicht alle Naturwälder sind ideale Lebensräume. Die Nähe zur Zivilisation und ein dichtes Wegnetz können die Lebensraumqualität beeinträchtigen. Beispielsweise stören Menschen und Hunde empfindliche Tiere wie das Auerhuhn. Rund die Hälfte der LFI-Naturwälder bzw. 3% der Waldfläche liegen mehr als 500 Meter von einer Waldstrasse entfernt und werden jährlich von weniger als 10 Personen begangen (nicht dargestellt). Diese Wälder können als «ungestörte Naturwälder» bezeichnet werden.

Naturnähe des Nadelholzanteils

Fichtenforste im Areal der Laubmischwälder gelten als naturfern und ökologisch geringwertig. Sie weisen oft eine verminderte Artenvielfalt auf (Müller 1991; Heydemann 1982). Die Beurteilung des Nadelholzanteils wird im LFI nur für Bestände im Laubwaldareal vorgenommen. Sie erfolgt anhand der aktuellen Baumartenzusammensetzung, nutzt das von Küchler (2009) entwickelte Modell zur potenziellen natürlichen Vegetation (PNV) und lehnt sich an die Grenzwerte von Kienast *et al.* (1994) an (Brändli 2001). Als «naturnah» gelten dabei Laubmischwälder, in denen das Nadelholz je nach Waldgesellschaft weniger als 10 bzw. 25% an der Basalfläche einnimmt. Der natürliche Tannenanteil in einzelnen Laubwaldgesellschaften wird dabei berücksichtigt. «Mässig naturfern» sind Laubmischwälder mit einem Nadelholzanteil bis 75%,

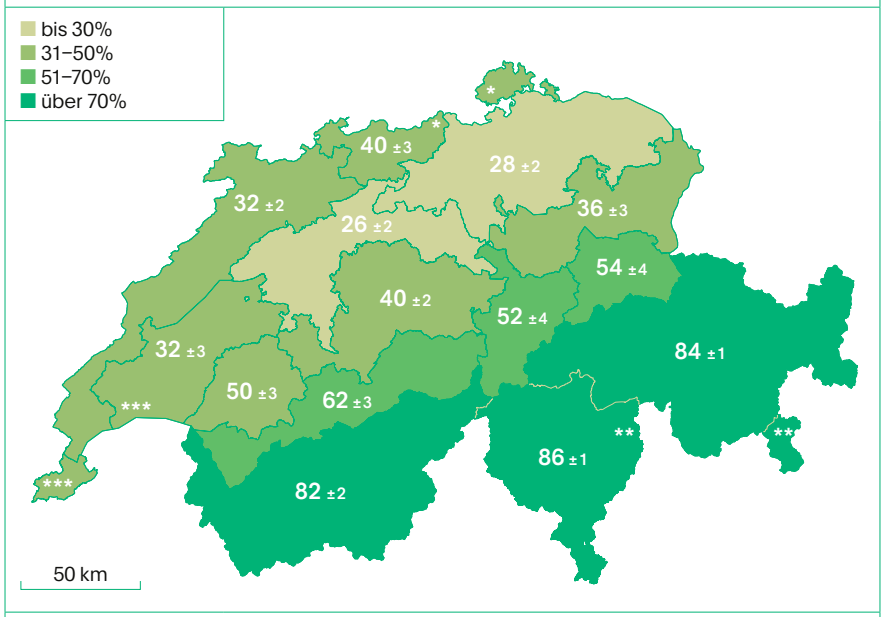


Naturnaher und strukturreicher Eichen-Hagebuchenwald mit hohem Biotopwert; Güttingen TG.

WSL/LFI4

200 **Anteil Waldfläche mit naturnahem Nadelholzanteil**

Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald



*/**/***gleiche Wirtschaftsregion

«naturfern» solche mit einem Nadelholzanteil über 75%. Liegt alleine schon der Fichtenanteil über 75%, so wird im LFI von «sehr naturfernen» Laubmischwäldern gesprochen. Weil das Modell zur PNV speziellen edaphischen Standortfaktoren wie etwa Karrenfeldern keine Rechnung tragen konnte, sind lokale Fehlzuteilungen nicht auszuschliessen.

Rund 19% des Schweizer Waldes sind naturnahe Laubwälder. Innerhalb des Laubwaldareals beträgt dieser Anteil 30%. Wird die Bestockung im Nadelwaldareal als naturnah angenommen, so haben insgesamt 55% des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald eine naturnahe Bestockung. Der Anteil an sehr naturfernen Beständen beträgt 9% (Tab. **201**). Bezüglich Nadelholzanteil naturnahe Bestockungen haben den grössten Anteil auf der Alpensüdseite (86%), gefolgt von Graubünden und Wallis. Auf der Alpennordseite nehmen die Anteile gegen das Mittelland ab, mit Minimalwerten von 26 und 28% in den Regionen Mittelland Mitte und Ost (Abb. **200**). Der Anteil an mässig bis sehr naturfernen Bestockungen ist im Mittelland demnach noch immer hoch. Parallel zum Fichtenrückgang (Kap. 2.3) hat sich auch die Fläche der naturfernen Bestockungen seit dem LFI3 verringert, insbesondere im Mittelland. Sehr naturferne Fichtenbestockungen haben dort um 22% abgenommen (nicht dargestellt), gleich wie in der Vorperiode (21%) nach dem Orkan Lothar (Brändli *et al.* 2010). In den 30 Jahren seit dem LFI1 hat der Basalflächenanteil der Fichte im Areal der Buchenwälder von 31 auf 24% im LFI4 abgenommen (nicht dargestellt).

Biotop- und Ökotonwert

Mittels einzelner Indikatoren lässt sich die Entwicklung des Waldes zwar anschaulich, aber nur beschränkt verfolgen. Erst die kombinierte Betrachtung aller Indikatoren – etwa anhand eines **Biotopwert**-Modells – ermöglicht eine ganzheitliche, räumlich differenzierte, relative Beurteilung des Zustandes und der Entwicklung des Schweizer Waldes aus ökologischer Sicht. Mit einer derartigen ökologischen Wertanalyse können Auswirkungen der Waldbewirtschaftung und Erfolge von Naturschutzmassnahmen ermittelt und verfolgt werden (siehe auch Burnand *et al.* 2007).

Im Rahmen des LFI2 wurde – in Anlehnung an ähnliche Verfahren in Deutschland – eigens eine Methode zur Ermittlung des Biotopwerts des Schweizer Waldes entwickelt (Brändli 2001). Das Augenmerk war dabei auf

201 Waldfläche nach Naturnähe des Nadelholzanteils

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Naturnähe des Nadelholzanteils im Laubwaldareal[1]	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
sehr naturfern	8,1	0,9	11,5	0,9	13,8	1,0	7,3	0,6	3,2	0,6	8,9	0,4
naturfern	16,5	1,2	17,2	1,1	18,5	1,2	6,0	0,5	3,0	0,6	11,8	0,4
mässig naturfern	41,0	1,5	43,0	1,5	27,1	1,3	11,2	0,7	7,2	0,9	24,6	0,5
naturnah	22,9	1,3	26,0	1,3	10,6	0,9	7,8	0,6	44,4	1,6	19,1	0,5
Nadelwaldareal[2]	11,0	1,0	2,3	0,4	30,0	1,3	67,6	1,0	41,8	1,6	35,4	0,5
keine Angabe	0,6	0,2	0,0	*	0,0	*	0,2	0,1	0,4	0,2	0,2	0,1
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

[1] Laubwaldgesellschaften gemäss Ellenberg und Klötzli (1972) Nr. 1–45 sowie Nadelwaldgesellschaft Nr. 46, berechnet nach Küchler (2009)
[2] Nadelwaldgesellschaften gemäss Ellenberg und Klötzli (1972) ohne Nadelwaldgesellschaft Nr. 46, berechnet nach Küchler (2009)
* Schätzfehler nicht berechenbar

WSL/LFI4

202 Waldfläche nach Biotopwert

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Biotopwert	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
gering	14,4	1,1	15,9	1,1	16,5	1,1	9,1	0,6	8,9	1,0	12,6	0,4
mittel	33,7	1,5	29,1	1,3	33,7	1,4	30,1	1,0	29,5	1,6	31,1	0,6
hoch	51,4	1,6	55,0	1,4	49,8	1,5	60,5	1,1	61,2	1,7	56,1	0,6
keine Angabe	0,6	0,2	0,0	*	0,0	*	0,2	0,1	0,4	0,2	0,2	0,1
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

* Schätzfehler nicht berechenbar



Sehr naturferner und strukturarmer Fichtenbestand von geringem Biotopwert; Ermatingen TG.

die ökologisch-dynamischen Aspekte im Wirtschaftswald gerichtet – auf jene Merkmale also, die durch die Waldnutzung wesentlich beeinflusst werden (können). Nicht oder kaum veränderbare standörtliche Parameter wurden bewusst nicht einbezogen. Die strikte Entflechtung des standörtlichen Potenzials vom aktuellen ökologischen Wert der Bestockung ist die Voraussetzung zur Herleitung des Aufwertungspotenzials und zur Erfolgskontrolle von Massnahmen. Das Biotopwertmodell des LFI basiert auf den drei Kriterien «Gehölzartenvielfalt» (Kap. 5.1), «Strukturvielfalt» (Kap. 5.2) und «Naturnähe des Nadelholzanteils» (Kap. 5.6). Die Entwicklung des Modells und die Klassierung der Modellwerte in «gering», «mittel» und «hoch» basierten auf 280 Feldgutachten in verschiedenen Testgebieten.

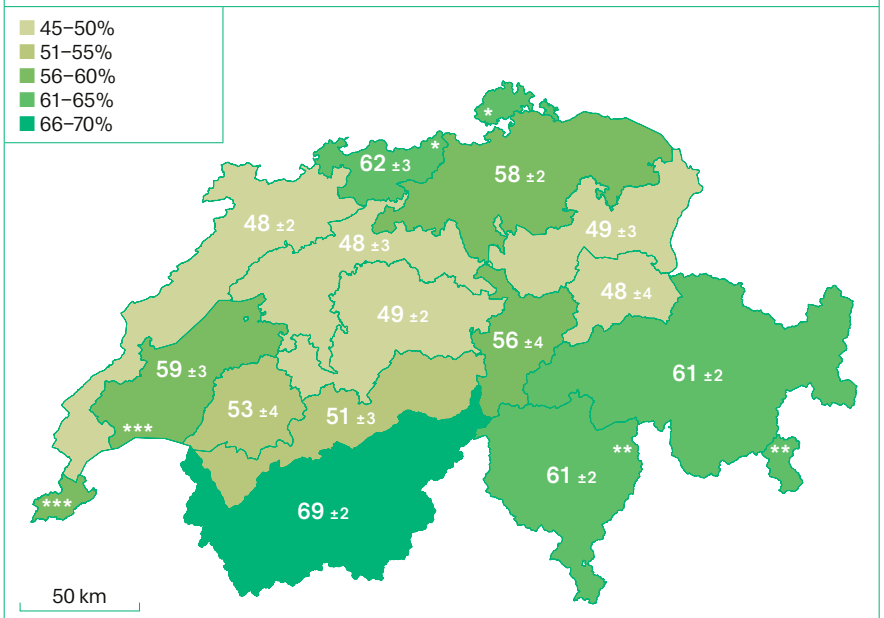
Mehr als die Hälfte der Waldbiotope weisen einen hohen Biotopwert auf (Tab. **202**). Wälder mit hohem Biotopwert sind am häufigsten in den Gebirgskantonen Wallis, Tessin und Graubünden sowie im östlichen Jura (Abb. **203**). Die relativ grossen Anteile an Beständen mit hohem Biotopwert in den Regionen Mittelland Ost und West sind hauptsächlich durch die grosse Gehölzartenvielfalt erklärt. Seit dem LFI2 hat die ökologische Qualität der Waldbiotope erheblich zugenommen, besonders deutlich zwischen dem LFI2 und dem LFI3 (Tab. **204**). Dies ist im Wesentlichen auf die Zunahme der Strukturvielfalt zurückzuführen. Mit einem vereinfachten Modell ist auch ein Vergleich mit dem LFI1

möglich, der belegt, dass der Biotopwert seit über 30 Jahren kontinuierlich zugenommen hat (Brändli *et al.* 2010).

Auch für die ganzheitliche Beurteilung des Waldrandes wurde im LFI2 ein Modell entwickelt, der **Ökotonwert.** Dieser berechnet sich aus der Gehölzartenvielfalt (Kap. 5.1) und der Strukturvielfalt (Kap. 5.2) am Waldrand (Brändli 2001). Da der Krautsaum in einer der Inventuren anders erhoben wurde, wird hier, wie beim Indikator «Strukturvielfalt des Waldrandes» (Kap. 5.2), ein reduziertes Modell «Ökotonwert ohne Krautsaum» verwendet. Für die Klassierung wurden aus sämtlichen ermittelten Modellwerten der ersten Erhebung LFI2 (28–100) das 10. und das 90. Perzentil für die Klassen «sehr tief» (< 42) und «sehr hoch» (> 80) festgelegt. Am Waldrand zeigen sich insgesamt tendenziell leicht positive Entwicklungen: Die hochwertigen Saumbiotope haben innert zwei Jahrzehnten geringfügig zugelegt, ebenso jene mit mittlerem Ökotonwert. Solche mit sehr geringem Ökotonwert haben entsprechend von 10 auf 7% abgenommen (Abb. **205**), was hauptsächlich der Zunahme bei der Gehölzartenvielfalt zuzuschreiben ist.

203 **Anteil Waldfläche mit hohem Biotopwert**

Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald



*/**/*** gleiche Wirtschaftsregion

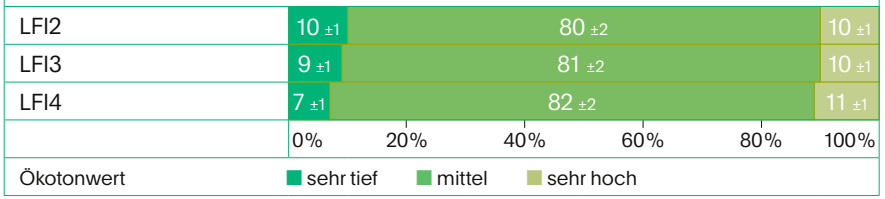
204 **Waldfläche nach Biotopwert und Inventur**

in %
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI2/LFI3/LFI4

Biotopwert	LFI2		LFI3		LFI4	
	%	±	%	±	%	±
gering	20,3	0,5	14,6	0,5	13,1	0,5
mittel	33,8	0,6	31,0	0,6	30,6	0,6
hoch	45,7	0,7	54,1	0,7	56,1	0,7
keine Angabe	0,3	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1
Total	**100**		**100**		**100**	

205 **Waldrand nach Ökotonwert (ohne Krautsaum) und Inventur**

in %
Auswertungseinheit: Waldrand LFI2/LFI3/LFI4 der kollinen/submontanen und montanen Stufe



WSL/LFI4

5.7 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 in den letzten 50 Jahren noch genutzt. 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.

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 2001 vereinbarten die kantonalen Forstdirektoren und das damalige Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft Flächenziele für Waldreservate: Bis ins Jahr 2030 sollen je 5% der Waldfläche als Naturwald- und als Sonderwaldreservate unter Schutz stehen (Bolliger *et al.* 2012). Im Jahr 2012 nahmen die Waldreservate insgesamt eine Fläche von rund 58 000 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. Erhoben wurden die Reservate von den Kantonen nach den MCPFE-Klassen 1.1, keine aktiven Eingriffe (im Wesentlichen der Schweizer Nationalpark), 1.2, minimale Eingriffe (Kontrolle von Wildbeständen, Krankheiten und Insektenbefall), und 1.3, Biodiversitätsförderung durch gezielte Eingriffe (Sonderwaldreservat). Die Kategorien 1.1 und 1.2 werden zu Naturwaldreservaten zusammengefasst. Von der Waldfläche gemäss LFI4 liegen 41 400 ha (3,1%) in Naturwald- und 34 900 ha (2,7%) in Sonderwaldreservaten (Tab. **206**). 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 (Tab. **207**). 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% (nicht dargestellt).

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 (Kapitel 2.1).

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 (Tab. **208**).

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.

WSL/LFI4

206 **Waldfläche nach Reservatstyp**

in 1000 ha pro Produktionsregion und in %
Auswertungseinheit: Wald

Reservatstyp	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz			
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	%	±
Naturwaldreservate	6,5	17	4,9	20	5,6	19	17,5	11	6,9	17	41,4	7	3,1	0,2
Sonderwaldreservate	9,1	15	6,6	17	7,2	16	10,9	13	1,0	45	34,9	7	2,7	0,2
übriger Wald	185,5	1	218,3	1	219,0	1	433,6	1	184,2	1	1240,6	1	94,2	0,3
Total	**201,1**	**1**	**229,8**	**1**	**231,9**	**1**	**462,0**	**1**	**192,1**	**1**	**1316,9**	**0**	**100**	

207 **Waldfläche nach Reservatstyp und Vegetationshöhenstufe**

in 1000 ha
Auswertungseinheit: Wald

Vegetationshöhenstufe	Naturwaldreservate		Sonderwaldreservate		übriger Wald		Total	
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %
subalpine	22,1	9	12,4	13	385,4	2	419,9	2
montane	10,6	14	10,3	14	555,7	1	576,5	1
kolline/submontane	8,7	15	12,3	13	299,5	2	320,5	2
Total	**41,4**	**7**	**34,9**	**7**	**1240,6**	**1**	**1316,9**	**0**

208 Kenngrössen nach Reservatstyp und Vegetationshöhenstufe

Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Anzahl Gehölzarten[1]

Vegetationshöhenstufe	Reservatstyp							
	Naturwald-reservat		Sonderwald-reservat		übriger Wald		Gesamt	
	Anzahl	± %	Anzahl	± %	Anzahl	± %	Anzahl	± %
subalpine	3,8	6	3,5	7	4,0	1	4,0	1
montane	4,7	9	6,2	8	6,3	1	6,2	1
kolline/submontane	9,8	9	10,4	5	8,7	1	8,8	1
Gesamt	**5,5**	**6**	**6,8**	**5**	**6,3**	**1**	**6,3**	**1**

[1] Gehölze ab 40 cm Höhe auf 200 m²

Bestandesdichteindex[1]

Vegetationshöhenstufe	Reservatstyp							
	Naturwald-reservat		Sonderwald-reservat		übriger Wald		Gesamt	
	SDI	± %	SDI	± %	SDI	± %	SDI	± %
subalpine	514	7	537	8	530	2	530	2
montane	616	7	591	8	610	1	609	1
kolline/submontane	551	8	480	9	527	1	526	1
Gesamt	**550**	**4**	**533**	**5**	**567**	**1**	**565**	**1**

[1] SDI für lebende Bäume

Strukturvielfalt

Vegetationshöhenstufe	Reservatstyp							
	Naturwald-reservat		Sonderwald-reservat		übriger Wald		Gesamt	
	Index	± %	Index	± %	Index	± %	Index	± %
subalpine	11,1	3	11,2	3	10,8	1	10,9	1
montane	9,1	5	9,5	4	9,2	1	9,2	1
kolline/submontane	8,0	5	9,2	5	8,5	1	8,6	1
Gesamt	**9,8**	**3**	**10,0**	**2**	**9,5**	**0**	**9,5**	**0**

Totholzvolumen

Vegetationshöhenstufe	Reservatstyp							
	Naturwald-reservat		Sonderwald-reservat		übriger Wald		Gesamt	
	m³/ha	± %	m³/ha	± %	m³/ha	± %	m³/ha	± %
subalpine	56,9	18	44,2	18	29,1	5	31,0	5
montane	24,2	18	21,3	25	23,8	4	23,8	4
kolline/submontane	39,7	25	21,0	22	17,0	5	17,7	5
Gesamt	**44,1**	**13**	**29,2**	**13**	**23,5**	**3**	**24,2**	**3**

Gesamtstammzahl der Giganten[1]

Vegetationshöhenstufe	Reservatstyp							
	Naturwald-reservat		Sonderwald-reservat		übriger Wald		Gesamt	
	Stk./ha	± %	Stk./ha	± %	Stk./ha	± %	Stk./ha	± %
subalpine	1,8	36	3,9	38	2,3	9	2,4	9
montane	4,0	34	0,0	*	1,8	8	1,8	8
kolline/submontane	1,5	55	0,6	70	1,8	13	1,7	12
Gesamt	**2,3**	**23**	**1,6**	**35**	**1,9**	**5**	**1,9**	**5**

[1] Bäume mit BHD > 80 cm
* Schätzfehler nicht berechenbar

Anteil Waldfläche mit letztem Eingriff vor über 50 Jahren

Vegetationshöhenstufe	Reservatstyp							
	Naturwald-reservat		Sonderwald-reservat		übriger Wald		Gesamt	
	%	±	%	±	%	±	%	±
subalpine	67,4	5,2	27,8	5,8	34,1	1,2	35,5	1,1
montane	39,7	7,3	13,7	4,8	15,4	0,7	15,7	0,7
kolline/submontane	23,2	6,8	8,4	3,6	10,7	0,8	10,9	0,7
Gesamt	**49,5**	**3,9**	**16,8**	**2,9**	**19,3**	**0,5**	**20,0**	**0,5**

208 Fortsetzung

Basalflächenanteil der eingeführten Baumarten

Vegetationshöhenstufe	Reservatstyp							
	Naturwald-reservat		Sonderwald-reservat		übriger Wald		Gesamt	
	%	±	%	±	%	±	%	±
subalpine	0,0	*	0,0	*	0,0	0,0	0,0	0,0
montane	0,1	0,1	0,0	*	0,4	0,1	0,4	0,1
kolline/submontane	2,0	1,1	3,4	1,9	1,8	0,3	1,9	0,3
Gesamt	**0,5**	**0,3**	**1,1**	**0,6**	**0,6**	**0,1**	**0,6**	**0,1**

* Schätzfehler nicht berechenbar

Anteil Waldfläche mit Beständen aus Naturverjüngung

Vegetationshöhenstufe	Reservatstyp							
	Naturwald-reservat		Sonderwald-reservat		übriger Wald		Gesamt	
	%	±	%	±	%	±	%	±
subalpine	97,4	1,8	79,9	5,2	94,4	0,6	94,0	0,6
montane	91,0	4,3	87,9	4,6	81,8	0,7	82,1	0,7
kolline/submontane	87,5	5,2	69,4	5,9	62,6	1,2	63,5	1,2
Gesamt	**93,3**	**1,9**	**78,6**	**3,1**	**80,3**	**0,5**	**80,6**	**0,5**

Flächenanteil naturnaher Laub- und Nadelwälder[1]

Vegetationshöhenstufe	Reservatstyp							
	Naturwald-reservat		Sonderwald-reservat		übriger Wald		Gesamt	
	%	±	%	±	%	±	%	±
subalpine	91,6	3,0	90,2	3,8	87,9	0,8	88,2	0,8
montane	37,6	7,2	52,8	7,0	39,2	0,9	39,4	0,9
kolline/submontane	58,6	7,8	40,9	6,3	44,4	1,2	44,6	1,2
Gesamt	**69,3**	**3,5**	**61,7**	**3,7**	**53,9**	**0,6**	**54,5**	**0,6**

[1] Flächenanteil naturnaher Bestände im Laubwaldareal sowie Wälder im Nadelwaldareal

Anteil Waldfläche mit hohem Biotopwert

Vegetationshöhenstufe	Reservatstyp							
	Naturwald-reservat		Sonderwald-reservat		übriger Wald		Gesamt	
	%	±	%	±	%	±	%	±
subalpine	62,8	5,4	70,1	5,9	65,0	1,2	65,1	1,2
montane	46,6	7,5	61,1	6,8	46,0	1,0	46,3	0,9
kolline/submontane	75,9	6,7	61,0	6,2	63,2	1,2	63,5	1,2
Gesamt	**61,6**	**3,8**	**64,2**	**3,7**	**55,7**	**0,7**	**56,1**	**0,6**

Anteil Probeflächen mit Ameisenhaufen

Vegetationshöhenstufe	Reservatstyp							
	Naturwald-reservat		Sonderwald-reservat		übriger Wald		Gesamt	
	%	±	%	±	%	±	%	±
subalpine	20,0	4,5	11,7	4,1	13,0	0,9	13,3	0,8
montane	6,3	3,5	2,0	2,0	2,9	0,3	2,9	0,3
kolline/submontane	0,0	*	1,6	1,6	1,0	0,3	1,0	0,2
Gesamt	**11,5**	**2,5**	**5,3**	**1,7**	**5,2**	**0,3**	**5,3**	**0,3**

* Schätzfehler nicht berechenbar

Anteil Waldfläche ohne Erholungsnutzung[1]

Vegetationshöhenstufe	Reservatstyp							
	Naturwald-reservat		Sonderwald-reservat		übriger Wald		Gesamt	
	%	±	%	±	%	±	%	±
subalpine	56,3	5,5	46,6	6,5	41,1	1,2	42,1	1,2
montane	46,3	7,4	25,3	6,1	25,2	0,8	25,6	0,8
kolline/submontane	5,2	3,6	11,6	4,1	10,3	0,8	10,2	0,8
Gesamt	**41,4**	**3,8**	**28,0**	**3,4**	**25,7**	**0,6**	**26,2**	**0,5**

[1] weniger als 10 Personen pro Jahr im Radius von 100 m um das Probeflächenzentrum



Der Nationalpark – das grösste geschützte Waldgebiet der Schweiz; Zernez GR.

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.* 2007a; 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 (Kap. 5.5). 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

WSL/LFI4

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. Hervorgerufen wird dieser Unterschied durch drei Probeflächen mit Douglasien und Roteichen. Der Basalflächenanteil der eingeführten Baumarten 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 **Flächenanteil naturnaher Laub- und Nadelwälder** ist in vielen Reservaten kleiner, als Expertenmodelle für eine naturnahe Baumartenmischung (Kap. 5.6, 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, 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. Dass der Anteil an Probeflächen mit **Ameisenhaufen** in Naturwaldreservaten doppelt so hoch ist wie in Sonderwaldreservaten und im übrigen Wald, kann mit eine Folge des Schutzes und des Verzichtes auf jegliche forstlichen Eingriffe sein. Wichtig sind sicher auch Standortaspekte (lichte Nationalparkwälder) und der Umstand, dass Naturwaldreservate oftmals abgelegen liegen und der Anteil ungestörter Waldfläche, das heisst der Flächenanteil **ohne Erholungsnutzung,** in Naturwaldreservaten deutlich grösser ist.



Seit 100 Jahren nicht mehr genutzt – das Naturwaldreservat Leihubelwald; Giswil OW.



In Sonderwaldreservaten werden auch gefährdete Arten wie der Frauenschuh *(Cypripedium calceolus)* gefördert; Flims GR.

WSL/LFI4



Der Wald spielt eine wichtige Rolle beim Schutz des Trinkwassers. Rund 10% des Schweizer Waldes liegen in Grundwasserschutzzonen der Kantone. Im Gebirgsland Schweiz ist die Schutzfunktion des Waldes gegen Naturgefahren vielerorts sehr bedeutend. Rund 42% des Waldes schützen Siedlungen und Verkehrswege. Der grösste Teil des Schutzwaldes befindet sich hinsichtlich der Schutzwirkungsindikatoren Deckungsgrad, Lückengrösse und Bestandesdichte in einem guten Zustand. Der Anteil der Schutzwaldfläche mit ungenügender Verjüngung hat jedoch seit dem LFI3 deutlich zugenommen, und die wichtige Baumart Weisstanne ist derzeit zu stark von Wildverbiss betroffen.

Urs-Beat Brändli, Markus Huber, Christoph Fischer

6 Schutzwald

6.1 Trinkwasserschutz

- Die Grundwasserschutzzonen der Schweiz sind gut zur Hälfte bewaldet.
- 10% der Waldfläche gemäss LFI liegen in Grundwasserschutzzonen.
- Die Einzugsgebiete (Zuströmbereiche) von Quellwasserfassungen umfassen rund 13% der Waldfläche.
- Im Bereich der Grundwasserschutzzonen hat der Anteil an laubholzreichen Beständen seit dem LFI1 kontinuierlich von 34 auf 38% zugenommen. Diese Entwicklung trägt zur Förderung einer guten Trinkwasserqualität bei.

WSL/LFI4



Trinkwasser wird zu 40% aus Quellwasser gewonnen, zumeist im Alpenraum und im Jura; Vaz/Obervaz GR.

Waldfunktion Trinkwasserschutz

Das Schweizer Trinkwasser wird etwa zu 40% aus Grundwasser, zu 40% aus Quellwasser und zu 20% aus Seewasser gewonnen (SVGW 2017). Grundwasservorkommen, die nicht durch Infiltration von Flusswasser gespeist werden, erneuern sich ausschliesslich durch Niederschlagswasser, das durch den Boden sickert (Waldner *et al.* 2015) und auf eine wasserundurchlässige Schicht trifft. In flachen Regionen wird dieses Wasser im Lockergestein in riesigen Grundwasserströmen gespeichert. In gebirgigen Regionen tritt es hingegen häufig als Quellwasser von selbst wieder zu Tage.

Die Qualität des Schweizer Grundwassers ist laut der nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA meist gut (BAFU 2019). Rund 40% können ohne Aufbereitung und weitere 30% nach einfacher Desinfektion in das Trinkwassernetz eingespeist werden (Freiburghaus 2012). In Ballungsräumen und in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten kann das Grundwasser jedoch Rückstände von Düngemitteln, Pestiziden und sonstigen Verunreinigungen enthalten. Im Vordergrund steht dabei das Nitrat. Bei 15 bis 20% aller Messstellen wurden die Qualitätsziele von maximal 25 mg/l nicht erreicht (BAFU 2019).

Einen wesentlichen Beitrag zur Wasserqualität leistet der Schweizer Wald. Im Grundwasser aus Waldgebieten liegt die Nitratkonzentration in der Regel zwischen 5 und 10 mg/l. Aus verschiedenen Gründen ist Wasser aus Wäldern meist von besserer Qualität als jenes aus Ackerbaugebieten (Hegg *et al.* 2004, Waldner *et al.* 2015): Dünger und Pflanzenschutzmittel sind im Wald verboten und dürfen nur in wenigen Fällen bei Vorliegen einer Ausnahmebewilligung eingesetzt werden. Die dauernd geschlossene Vegetationsdecke nimmt viele Stoffe aus der Luft auf, die so weniger in den Boden und in weiterer Folge ins Grundwasser gelangen. Waldboden wird kaum maschinell befahren, verfügt daher über ein sehr aktives Bodenleben und eine intakte Bodenstruktur, was der Filterwirkung des Bodens zugutekommt. Aufgrund der starken Durchwurzelung können dem Sickerwasser mehr Nährstoffe (vor allem Stickstoff) entzogen werden. Diese werden zudem aufgrund der langen Bewirtschaftungszeiträume und des Verzichts auf Kahlschläge jahrelang in einem Kreislauf gehalten und gelangen so nicht in das Grundwasser. Quellfassungen in Waldgebieten liefern meist einwandfreies Trinkwasser, das nicht nachbehandelt werden muss.

Laut LFI-Umfrage bei den Revierförstern weisen rund 105000 ha Wald (nicht dargestellt) eine Schutzfunktion für das Trinkwasser auf. Das sind 8% der Schweizer Waldfläche (Kap. 2, Tab. **029**). Im Jura haben gar 22% der Waldfläche eine Trinkwasserschutzfunktion. Die Zuordnung der Probeflächen zur Trinkwasserschutzfunktion basiert zu 71% auf Karten der kantonalen Waldplanung. Der Rest wurde ganz oder teilweise gutachtlich zugeordnet (nicht dargestellt). Auch wegen dieser inkonsistenten Datenlage beziehen sich die folgenden Auswertungen zum Zustand des Trinkwasserschutzwaldes nicht auf die Waldfunktion gemäss Umfrage, sondern wie schon im LFI3 auf die präzisen Grundwasserschutzzonen der Kantone. Diese müssen gemäss dem Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (GschG; SR 814.20) um alle Grundwasserfassungen von öffentlichem Interesse ausgeschieden werden. In der Gewässerschutzverordnung (GSchV; SR 814.201) werden folgende Schutzzonen S unterschieden:

- Der Fassungsbereich S1, der die engere Umgebung einer Grundwasserfassung umfasst. Hier sind nur Eingriffe und Tätigkeiten erlaubt, die der Trinkwasserversorgung dienen. Diese Zonen sind meist umzäunt und im Besitz der Trinkwasserversorger.
- Die engere Schutzzone S2, die sicherstellen soll, dass keine krankheitserregenden Mikroorganismen ins Trinkwasser gelangen und das Grundwasser auf der letzten Fliessstrecke bis zur Fassung nicht nachteilig beeinflusst oder behindert wird. Das Ausbringen von Gülle sowie das Versickernlassen von Abwasser und das Erstellen von Bauten sind in dieser Zone grundsätzlich verboten.
- Die weitere Schutzzone S3, die der Sicherstellung von genügend Zeit und Raum dient, um im Falle eines Unfalles eine Gefahr für das gefasste Trinkwasser abwehren zu können. Auch in dieser Zone darf kein Abwasser versickert werden. Stark heterogene Karst- oder Kluft-Grundwasserleiter werden seit dem 1. Januar 2016 statt mit einer Zone S3 zusätzlich zu den Zonen S1 und S2 mit den Zonen Sh und Sm geschützt. Der aktuelle Datensatz des Bundes (BAFU 2013b) enthält daher noch keine Zonen Sh und Sm.

209 **Wald- und Nichtwaldfläche nach Grundwasserschutzzone**

in 1000 ha
Auswertungseinheit: Gesamtfläche

Grundwasserschutzzonen	Wald		Nichtwald		Total	
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %
Fassungsbereich S1	1,8	33	3,2	25	5,0	20
engere Schutzzone S2	58,2	6	55,7	6	113,9	4
weitere Schutzzone S3	77,6	5	71,8	5	149,4	4
Total Schutzzonen S1–S3	**137,5**	**4**	**130,7**	**4**	**268,3**	**3**
keine Schutzzone	1179,4	1	2680,7	0	3860,1	0
Total	**1316,9**	**0**	**2811,5**	**0**	**4128,4**	

210 Waldfläche im Einzugsgebiet von gefassten Trinkwasserquellen

in 1000 ha und in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Wald

Waldfläche	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %
im Einzugsgebiet	46,9	6	32,8	7	26,1	8	41,3	7	28,8	8	176,0	3
nicht im Einzugsgebiet	154,2	2	197,0	1	205,8	2	420,7	1	163,3	2	1 141,0	1
Total	**201,1**	**1**	**229,8**	**1**	**231,9**	**1**	**462,0**	**1**	**192,1**	**1**	**1 316,9**	**0**
	%		%		%		%		%		%	
Anteil Waldfläche im Einzugsgebiet von Trinkwasserquellen	23,3	±1,3	14,3	±1,0	11,3	±0,9	8,9	±0,6	15,0	±1,1	13,4	±0,4

Die Grundwasserschutzzonen der Kantone werden laufend erweitert und haben insbesondere auf der Alpensüdseite stark zugenommen. So hat die Gesamtfläche seit dem LFI3 von 229 000 ha (Duc *et al.* 2010a) mit den aktualisierten Perimetern (BAFU 2013b) auf 268 000 ha zugenommen. Dabei entfallen 2% auf den Fassungsbereich S1, 42% auf die engere Schutzzone S2 und 56% auf die weitere Schutzzone S3. Die Anteile von S2 und S3 sind in Wald und Nichtwald gleich gross. Gut die Hälfte der Grundwasserschutzzonen, nämlich 138 000 ha (Tab. **209**), liegt im Wald. Das entspricht einem Anteil von rund 10% der Schweizer Waldfläche. Die erhebliche Differenz dieser Fläche zur Waldfläche mit Trinkwasserschutzfunktion gemäss Försterumfrage (103 000 ha) zeigt, dass die laufend erweiterten Grundwasserschutzzonen sachlich bedingt mit einer zeitlichen Verzögerung Eingang in die kantonale Waldplanung finden und gefunden haben.

36% der bewaldeten Grundwasserschutzzonen befinden sich im Jura (nicht dargestellt). Aufgrund des häufig vorkommenden Karstes werden in dieser Region die Schutzzonen weiträumiger gefasst, da Stoffeinträge das Trinkwasser in grösserer Umgebung und rascher verschmutzen können. Daher ist auch der Anteil der Grundwasserschutzzonen an der Waldfläche im Jura mit 25% am grössten. Auf der Alpensüdseite liegt der entsprechende Anteil bei 14%, in den anderen Regionen bei 6 bis 7% (nicht dargestellt).

Die für die Trinkwasserqualität massgebende Waldfläche geht über die Grundwasserschutzzonen hinaus. Laut Försterumfrage liegen schweizweit 176 000 ha Wald (13%) innerhalb der Einzugsgebiete von gefassten Trinkwasserquellen (Tab. **210**). Davon befinden sich mehr als die Hälfte ausserhalb von Grundwasserschutzzonen (nicht dargestellt). Auch hier sticht wieder die Region Jura mit einem Anteil von 23% der Waldfläche im Einzugsgebiet von Trinkwasserquellen hervor. In den anderen Regionen sind die Anteile mit 9 bis 15% deutlich kleiner.

Aufbau der Trinkwasserschutzwälder

Mit dem Begriff «Trinkwasserschutzwald» beziehen wir uns auf den zugänglichen Wald ohne Gebüschwald nach LFI, der innerhalb der Grundwasserschutzzonen der Kantone liegt. Wie schon dargelegt ist die Qualität des Trinkwassers aus bewaldeten Gebieten besser als jene aus Landwirtschaftsgebieten. Es ist aber schwierig, die direkten Auswirkungen der Waldbewirtschaftung auf die Trinkwasserqualität zu messen, denn Letztere hängt nicht nur vom Waldaufbau, sondern auch vom Boden, von den Deckschichten (Überlagerung mit Locker- und Sedimentgesteinen) und vom Grundwasserleiter bis zur Trinkwasserfassung ab. Deshalb ist die Sickerwasserqualität ein

WSL/LFI4

besserer Indikator für die Beurteilung der forstlichen Bewirtschaftungsmassnahmen (Rothe *et al.* 1998), da sie hauptsächlich vom Waldaufbau abhängig ist. Laut Hegg *et al.* (2004) kann die Wirkung der Waldbewirtschaftung wie folgt zusammengefasst werden:

- Eine Erhöhung des Laubholzanteils im Bestand wirkt sich positiv auf Sickerwasserqualität und -menge aus, denn im Vergleich zu Nadelbäumen kämmen Laubbäume weniger atmosphärische Schadstoffe aus, weisen geringere Interzeptionsverluste auf und nehmen aus dem Sickerwasser mehr Stickstoff auf.
- Besonders in Nadelwäldern nimmt der Austrag von Nitrat mit dem Baumalter zu. Aus diesem Grund kann sich eine Verjüngung des Bestandes besonders in Nadelwäldern positiv auf die Sickerwasserqualität auswirken.



Geschlossener Laubwald bietet beste Voraussetzungen für Sickerwasser von hoher Qualität; Muttenz BL.

– Kahlhiebe führen zu mehr Sonneneinstrahlung und einem Temperaturanstieg in der organischen Bodenauflage und im Boden, was in der Folge die Zersetzung der ober- und unterirdischen Biomasse und damit die Mineralisation und die Nitrifikation beschleunigt. Zusammen mit einer Erhöhung der Sickerwassermenge aufgrund verminderter Transpiration führt dies schon bei kleinen Flächen von 1000 m^2 zu einer erhöhten Nitratauswaschung. Aus diesem Grund ist eine dauernd geschlossene Bodenbedeckung für die Sickerwassermenge und -qualität ideal, was zum Beispiel durch Verjüngung unter Schirm oder Bewirtschaftung im Dauerwaldbetrieb gewährleistet wird.

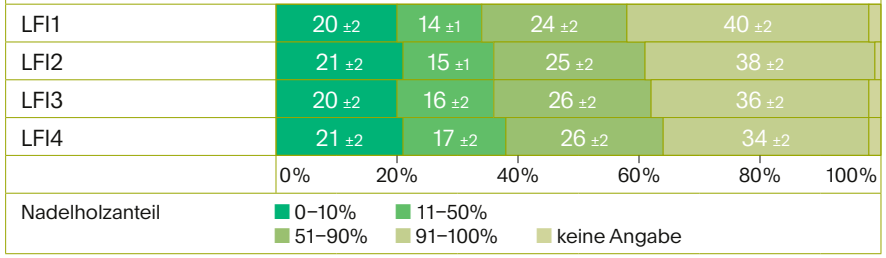
Seit dem LFI1 hat im Trinkwasserschutzwald der Anteil an laubholzreichen Beständen (Laubholzanteil ≥ 50%) kontinuierlich von 34 auf heute 38% zugenommen. Im gleichen Zeitraum hat der Anteil der fast reinen Nadelholzbestände (mehr als 90% Nadelholzanteil) von 40 auf 34% abgenommen (Abb. **211**), was als qualitative Verbesserung der Trinkwasserschutzwälder gewertet werden kann. Eine ähnliche Abnahme des Nadelholzes konnte auch im gesamten zugänglichen Wald ohne Gebüschwald festgestellt werden (Kap. 2.3).

Bezüglich Waldstruktur und Altersaufbau (Kap. 2.4) zeigt sich seit dem LFI3 im Trinkwasserschutzwald sowohl eine flächenmässige Abnahme der einschichtigen und eine Zunahme der mehrschichtigen Bestände als auch eine Abnahme der schwachen und mittleren Baumhölzer und eine Zunahme der Bestände mit gemischter Entwicklungsstufe (nicht dargestellt). Diese Entwicklungen sind für die Trinkwasserqualität günstig, da mehrschichtige Bestände und solche mit gemischter Entwicklungsstufe im Durchschnitt mit mehr jüngeren (kleineren) Bäumen bestockt sind als gleichförmige Baumhölzer. Demgegenüber zeigt sich bei der Waldverjüngung ein gegenläufiger Trend: Der Flächenanteil der Bestände mit einem Verjüngungsdeckungsgrad von weniger als 5% der Bestandesfläche hat von 18 auf 24% zugenommen (nicht dargestellt).

Rund ein Drittel des Trinkwasserschutzwaldes wurde seit dem LFI3 waldbaulich behandelt (nicht dargestellt). Dabei handelte es sich zum Grossteil um Durchforstungen, Pflegeeingriffe und Sanitärhiebe. Lichtungen (9%) und Räumungen (5%) waren tendenziell weniger häufig als im übrigen Wald mit 11 und 6% (nicht dargestellt).

WSL/LFI4

211 Waldfläche nach Basalflächenanteil der Nadelbäume



6.2 Schutz vor Naturgefahren

- Der Schutzwald LFI4 ist der Wald nach LFI-Definition, der innerhalb des Schutzwaldperimeters gemäss «SilvaProtect-CH» liegt. Er umfasst 42% der gesamten Waldfläche.
- Wald verhindert oft mehrere Gefahren. Der grösste Teil des Schutzwaldes (86%) schützt vor Gerinneprozessen im Bereich von Fliessgewässern wie Murgänge, Übersarungen oder Ufererosion.
- Deckungsgrad, Lückengrösse und Bestandesdichte sind wichtige Indikatoren der aktuellen Schutzwirkung. Diesbezüglich befindet sich der grösste Teil der Schutzwälder in einem guten Zustand. Kritische Deckungsgrade und Lückengrössen haben tendenziell abgenommen, und die Bestandesdichte hat weiter zugenommen.
- Ungünstig ist dagegen die Verjüngungssituation. Der Anteil der Schutzwaldfläche mit ungenügender Verjüngung hat seit dem LFI3 deutlich zugenommen und beträgt rund einen Viertel.
- Die im Schutzwald wichtige Baumart Weisstanne ist besonders von Schalenwildverbiss betroffen. Bei ihr hat sich die Verbissintensität seit dem LFI2 von 13 auf 28% erhöht.
- Im letzten Jahrzehnt wurde in mehr als einem Viertel der Schutzwälder eingegriffen. Auf 29% der Eingriffsfläche stand dies in Zusammenhang mit Zwangsnutzungen, was deutlich weniger ist als in den Vorperioden.
- Nur 36% der Schutzwälder sind für die Bewirtschaftung und Pflege gut erschlossen. 33% sind nach heutigen Standards nicht erschlossen.

Waldfunktion Schutz vor Naturgefahren

Lawinen, Steinschlag, Murgänge, Rutschungen und Hochwasser sind natürliche Gefahren für den Menschen und seine Infrastrukturen, insbesondere im Gebirgsland Schweiz. Hier sind beispielsweise 26% der Eisenbahnlinien und 24% der Strassen erster und zweiter Klasse durch Naturgefahren bedroht (Losey und Wehrli 2013). Der Wald kann das Risiko von Schäden durch Naturgefahren vermindern (Huber *et al.* 2015). Deshalb ist der Schutzwald ein wichtiges Element im integralen Risikomanagement hinsichtlich Naturgefahren. Gemäss Waldgesetz von 1991 sind die Kantone für die Ausscheidung der Schutzwälder verantwortlich. Im Rahmen des Projektes «SilvaProtect-CH» (Losey und Wehrli 2013) hat der Bund gemeinsam mit den Kantonen objektive Kriterien dafür erarbeitet. Demnach ist ein Wald dann als Schutzwald auszuscheiden, wenn er «ein anerkanntes Schadenpotenzial gegen eine bestehende Naturgefahr schützen oder die damit verbundenen Risiken reduzieren kann».

Die Schutzwirksamkeit des Waldes hängt wesentlich vom strukturellen Bestandesaufbau ab und kann daher durch spezifische Pflegemassnahmen verbessert werden. Denn besonders in den frühen und späten Phasen der natürlichen Waldentwicklung können Bestandesstrukturen vorkommen, die während Jahrzehnten keinen ausreichenden Schutz bieten (Huber *et al.* 2015). Das Waldgesetz verpflichtet die Kantone dazu, eine minimale Pflege des Schutzwaldes sicherzustellen. Die Kosten dafür werden von Bund, Kantonen und weiteren Nutzniessern wie Gemeinden und Infrastrukturbetreibern finanziell abgegolten. Die Standards und Grundsätze der Schutzwaldpflege wurden in der Wegleitung «Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald» (NaiS, Frehner *et al.* 2005) festgesetzt.

Wälder mit Schutzfunktion

Gemäss Losey und Wehrli (2013) sind 49% des Schweizer Waldes Schutzwälder nach der Definition von «SilvaProtect-CH». Dieser Anteil bezieht sich auf die Waldausscheidung der Kantone, die über das Bundesgebiet nicht nach einheitlichen Kriterien erfolgt.

Bezogen auf die Waldfläche gemäss LFI haben laut der im Rahmen des LFI4 durchgeführten Försterumfrage 52% des Waldes eine Schutzfunktion gegen Naturgefahren, und auf 46% der Waldfläche hat diese Funktion Vorrang (Kap. 2, Tab. **029** und **030**). Diese Anteile betreffen alle Schutzwälder gemäss Waldplanung der Kantone, also sowohl den Schutzwald gemäss «SilvaProtect-CH» als auch andere Wälder, die nach Meinung der Kantone Schutzwald sind, auch wenn das betroffene Schadenpotenzial eventuell nicht nach «SilvaProtect-CH» anerkannt ist.

Schutzwald LFI4

Im LFI3 wurde der Schutzwald noch über die Vorrangfunktion aus der Umfrage bei den Förstern definiert (Duc *et al.* 2010a). Seither wurden die kantonalen Schutzwaldausscheidungen im Rahmen des Projektes «SilvaProtect» harmonisiert, sodass für Datenanalysen im LFI4 erstmals ein national bereinigter, nach Naturgefahrenprozess differenzierter Schutzwaldperimeter vorliegt. Für die Definition des **Schutzwalds LFI4** wurde die bundesweit einheitliche Walddefinition des LFI mit der bundesweit einheitlichen Schutzwalddefinition gemäss «SilvaProtect-CH» vereint. Die nachfolgenden Aussagen zum Schutzwald LFI4 beziehen sich folglich ausschliesslich auf die LFI-Probeflächen im Schutzwaldperimeter aus «SilvaProtect-CH» (Stand 2013). Wegen der räumlich ungleichmässigen Verteilung der Schutzwälder (Kap. 2, Abb. **031**) wurden die 14 Wirtschaftsregionen für die Auswertungen zu **6 Schutzwaldregionen** zusammengefasst (Kap. 1, Abb. **009**, sowie Tab. **212**).

212 **Definition der Schutzwaldregionen**

Schutzwaldregion	Wirtschaftsregionen	Kantone (ganz oder teilweise)
Jura/Mittelland	Jura West, Jura Ost, Mittelland West, Mittelland Mitte, Mittelland Ost	AG, BE, BL, BS, FR, GE, JU, LU, NE, SG, SH, SO, TG, VD, ZG, ZH
Nordalpen West	Voralpen West, Voralpen Mitte, Alpen Nordwest	BE, FR, LU, NW, OW, VD
Nordalpen Ost	Voralpen Ost, Alpen Mitte, Alpen Nordost	AI, AR, GL, SG, SZ, UR, ZG, ZH
Alpen Südwest	Alpen Südwest	VS
Alpen Südost	Alpen Südost	GR ohne Misox/Puschlav
Alpensüdseite	Alpensüdseite	TI sowie Misox/Puschlav

Die Fläche des Schutzwaldes LFI4 umfasst 553 800 ha oder 42% der Schweizer Waldfläche (Tab. **213**). Seit dem LFI3 hat sich die Waldfläche im Schutzwaldperimeter «SilvaProtect-CH» nicht verändert, wogegen sie ausserhalb um jährlich 0,5% zugenommen hat (nicht dargestellt). Der Schutzwaldanteil ist regional sehr unterschiedlich. Den grössten Schutzwaldanteil weist die Alpensüdseite mit 70% auf, gefolgt von der Region Alpen Südwest mit 61%. In der Region Jura/Mittelland beträgt der Schutzwaldanteil hingegen nur 14%. In den anderen Regionen ist rund die Hälfte des Waldes Schutzwald. Viele Auswertungen zum Schutzwald LFI4 können nur für den zugänglichen Wald ohne Gebüschwald mit einer Fläche von 524 400 ha gerechnet werden. Für Vergleiche mit dem LFI3 wird weiter eingeschränkt auf den zugänglichen Wald ohne Gebüschwald, der in beiden Inventuren aufgenommen worden ist (513 900 ha).

Da im Projekt «SilvaProtect-CH» eine räumlich explizite Modellierung von Naturgefahrenprozessen durchgeführt wurde (Losey und Wehrli 2013), kann die Schutzwaldfläche LFI4 auch nach diesen Prozessen eingeteilt werden. Auf gut einem Viertel der Schutzwaldfläche treten mehrere Gefahrenprozesse auf (nicht dargestellt). Deshalb ist die Summe

WSL/LFI4

213 **Schutzwaldfläche LFI4 nach Auswertungseinheit**

in 1000 ha pro Schutzwaldregion

Auswertungseinheit	Jura/Mittelland		Nordalpen West		Nordalpen Ost		Alpen Südwest		Alpen Südost		Alpensüdseite		Schweiz	
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %
Schutzwald LFI4	59,0	5	112,6	3	77,8	4	83,3	3	87,6	3	133,5	2	553,8	1
Schutzwald LFI4 im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald	58,6	5	109,9	3	72,1	4	81,0	3	82,1	4	120,7	2	524,4	1
Schutzwald LFI4 im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4	58,2	5	108,7	3	70,1	4	79,5	3	79,3	4	117,9	2	513,9	1
Wald	**430,9**	**1**	**223,7**	**1**	**155,1**	**2**	**135,8**	**2**	**179,2**	**2**	**192,1**	**1**	**1316,8**	**0**
	%		%		%		%		%		%		%	
Anteil Schutzwald LFI4 am Wald	13,7	±0,7	50,3	±1,5	50,2	±1,8	61,4	±1,8	48,9	±1,6	69,5	±1,4	42,1	±0,5

der Prozessflächen grösser als die gesamte Schutzwaldfläche LFI4 (Tab. **214**). Der grösste Teil des Schutzwaldes (86%) schützt vor sogenannten Gerinneprozessen. Mit diesem Begriff werden Prozesse im Bereich von Fliessgewässern zusammengefasst, zum Beispiel Murgänge, Übersarungen und Ufererosion. Etwa 23% des Schutzwaldes wirken gegen Hangmuren und Rutschungen, 18% gegen Lawinen und 8% gegen Stein- und Blockschlag (nicht dargestellt).

Das Auftreten von Naturgefahrenprozessen hängt häufig von der **Hangneigung** ab. Lawinenanrisse und Steinschlag treten ab 58% (30°) auf (Frehner *et al.* 2005). Flachgründige Rutschungen können dagegen je nach Untergrund, Bodeneigenschaften und Vegetation schon bei Hangneigungen ab 47% (25°) entstehen. Daher stocken 81% des Schutzwaldes auf Hängen mit einer Neigung von mehr als 40%. Die Hälfte der Schutzwälder ist sogar steiler als 60% (Tab. **215**). Die meisten Schutzwälder sind ausserdem Gebirgswälder. Immerhin ein Drittel der Schutzwaldfläche befindet sich aber in Höhenlagen unterhalb von 1000 m ü. M.

Schutzwirkung

Unter Schutzwirkung versteht man ganz allgemein die Eignung eines Bestandes, einzelne oder mehrere Naturgefahren in ihrer Entstehung zu verhindern oder deren negative Auswirkung zu vermindern. Sie kann mithilfe von Indikatoren (Bestandesmerkmalen) und Sollwerten beurteilt werden, die je nach Naturgefahrenprozess unterschiedlich sein können. Für eine optimale Schutzwirkung müssen die Sollwerte für alle relevanten Indikatoren (Anforderungsprofile gemäss Wegleitung NaiS, Frehner *et al.* 2005) erfüllt sein.

Mit dem LFI ist keine exakte Beurteilung der Schutzwirkung bezogen auf ein konkretes lokales Gefahren- und Schadenpotenzial möglich. Dazu ist das Stichprobennetz zu dünn, und die Probeflächen sind für gewisse Indikatoren zu klein. Das LFI eignet sich jedoch gut, um anhand von Indikatoren den Zustand und die Entwicklung des Schutzwaldes nach Aussage- und Befundeinheiten (Regionen, Höhenstufen usw.) zu beurteilen, bei Bedarf differenziert nach Naturgefahren. Die nachfolgende Auswahl von Indikatoren orientiert sich hauptsächlich an der Wegleitung NaiS (Frehner *et al.* 2005) und dem Methodenbericht zum LFI2 (Brändli und Herold 2001).

Der **Deckungsgrad der Baumkronen** ist ein Indikator für die Schutzwirkung gegen Lawinen, Hangmuren und Rutschungen. Er wird im LFI für Bestockungen ab 3 m Höhe

214 Schutzwaldfläche LFI4 pro Naturgefahrenprozess

in 1000 ha pro Schutzwaldregion
Auswertungseinheit: Schutzwald LFI4

Naturgefahr[1]	Jura/Mittelland		Nordalpen West		Nordalpen Ost		Alpen Südwest		Alpen Südost		Alpensüdseite		Schweiz	
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %
Block-/Steinschlag	3,9	22	4,5	21	9,3	14	8,0	15	4,8	20	11,8	13	42,3	7
Lawine	4,9	20	21,2	9	16,2	10	25,1	8	20,8	9	14,0	11	102,2	4
Hangmure/Rutschung	24,1	9	15,3	11	14,9	11	24,1	8	18,5	10	28,8	8	125,7	4
Gerinneprozesse	36,0	7	103,2	3	68,8	4	72,6	3	71,5	4	123,8	2	475,9	1

[1] Naturgefahren können sich überlagern, weshalb die Summe der Prozessflächen grösser ist als die Schutzwaldfläche LFI4.

215 Schutzwaldfläche LFI4 nach Hangneigung und Höhenlage

in 1000 ha
Auswertungseinheit: Schutzwald LFI4

	Hangneigung													
m ü. M.	bis 20%		21–40%		41–60%		61–80%		81–100%		über 100%		Total	
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %
über 1800	0,0	*	5,2	20	17,5	10	19,1	10	6,9	17	3,7	23	52,3	6
1401–1800	1,9	32	15,0	11	45,3	6	44,6	6	21,2	9	11,1	13	139,2	3
1001–1400	6,1	18	26,2	9	49,9	6	55,0	6	23,0	9	14,6	12	174,8	3
601–1000	6,4	18	31,1	8	47,6	6	38,8	7	17,4	11	8,4	16	149,7	3
bis 600	5,1	20	7,2	17	11,2	13	8,4	15	4,1	22	1,9	33	37,9	7
Total	**19,6**	**10**	**84,6**	**5**	**171,5**	**3**	**165,7**	**3**	**72,6**	**5**	**39,7**	**7**	**553,8**	**1**

* Schätzfehler nicht berechenbar



Im Schutzwald aus Lärchen zwischen Wenghorn und Simplon-Passstrasse liegt die LFI-Probefläche 152232; Simplon VS.

ermittelt und sollte je nach Naturgefahrenprozess mindestens 40 bis 60% betragen (Frehner *et al.* 2005). Der grösste Teil des Schutzwaldes erfüllt diese Anforderung (Tab. **216**). Mehr als die Hälfte der Schutzwaldfläche ist sogar zu über 80% mit Baumkronen überschirmt, was aber die nachhaltige Verjüngung wieder infrage stellen kann. Lediglich 6% der Schutzwälder weisen einen ungenügenden Deckungsgrad von weniger als 40% auf. Seit dem LFI3 hat dieser Anteil geringfügig abgenommen (nicht dargestellt).

Das Vorkommen und die Grösse (Fläche, Länge in Fallrichtung) von **Bestandeslücken** sind im Schutzwald von besonderer Bedeutung. Bereits seit dem LFI2 werden die Präsenz und die Art der Lücken mit einer Ausdehnung von mindestens 10 × 10 m terrestrisch auf der Interpretationsfläche erfasst. Der Anteil Probeflächen mit solchen Lücken beträgt 35%. Er hat seit dem LFI3 um 3 Prozentpunkte zugenommen. Bei dieser Zunahme handelt es sich um unbestockte Lücken, also um Schlag- und Windwurfflächen. Während Lücken in der Region Alpen Südwest (Wallis) seit dem LFI2 stetig leicht zugenommen haben, ist der Trend in der Region Alpen Südost (Graubünden) eher gegenläufig, wobei hier der Anteil Probeflächen mit Lücken noch immer am höchsten ist (Abb. **217**). Bei der Interpretation ist zu bedenken, dass die registrierten Lücken aufgrund der Mindestabmessung von 10 × 10 m nicht unbedingt gross sein müssen und dass Lücken bei der Verjüngung des Gebirgswaldes oft notwendig und als Folge der Waldpflege positiv zu werten sind, solange sie die in NaiS erwähnten kritischen Grössen nicht überschreiten.

Seit dem LFI3 werden die Lücken mittels Luftbildern vermessen. Bestandeslücken ab einer Fläche von 600 m^2 bzw. 1200 m^2 (bei gesicherter Verjüngung) gelten nach Frehner *et al.* (2005) als kritisch bezüglich des Auftretens von Rutschungen, Erosion und Murgängen. Bei Steinschlag und Lawinen können schon kleinere Lücken problematisch sein.

216 **Schutzwaldfläche LFI4 nach Deckungsgrad gemäss Luftbild**

in % pro Schutzwaldregion
Auswertungseinheit: Schutzwald LFI4 im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald

Deckungsgrad[1] in %	Jura/Mittelland		Nordalpen West		Nordalpen Ost		Alpen Südwest		Alpen Südost		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
0–20	0,4	0,4	2,2	0,6	1,6	0,7	0,8	0,4	0,5	0,4	0,8	0,4	1,1	0,2
21–40	0,3	0,3	5,0	0,9	3,9	1,0	5,8	1,2	8,7	1,4	3,2	0,7	4,6	0,4
41–60	2,1	0,8	11,1	1,3	9,7	1,5	20,5	2,0	29,8	2,2	9,8	1,2	14,0	0,7
61–80	14,1	2,0	29,9	2,0	22,7	2,2	36,4	2,4	37,0	2,3	24,5	1,7	28,0	0,9
über 80	83,1	2,2	51,8	2,1	62,1	2,4	36,5	2,3	24,1	2,0	61,6	1,9	52,3	0,9
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

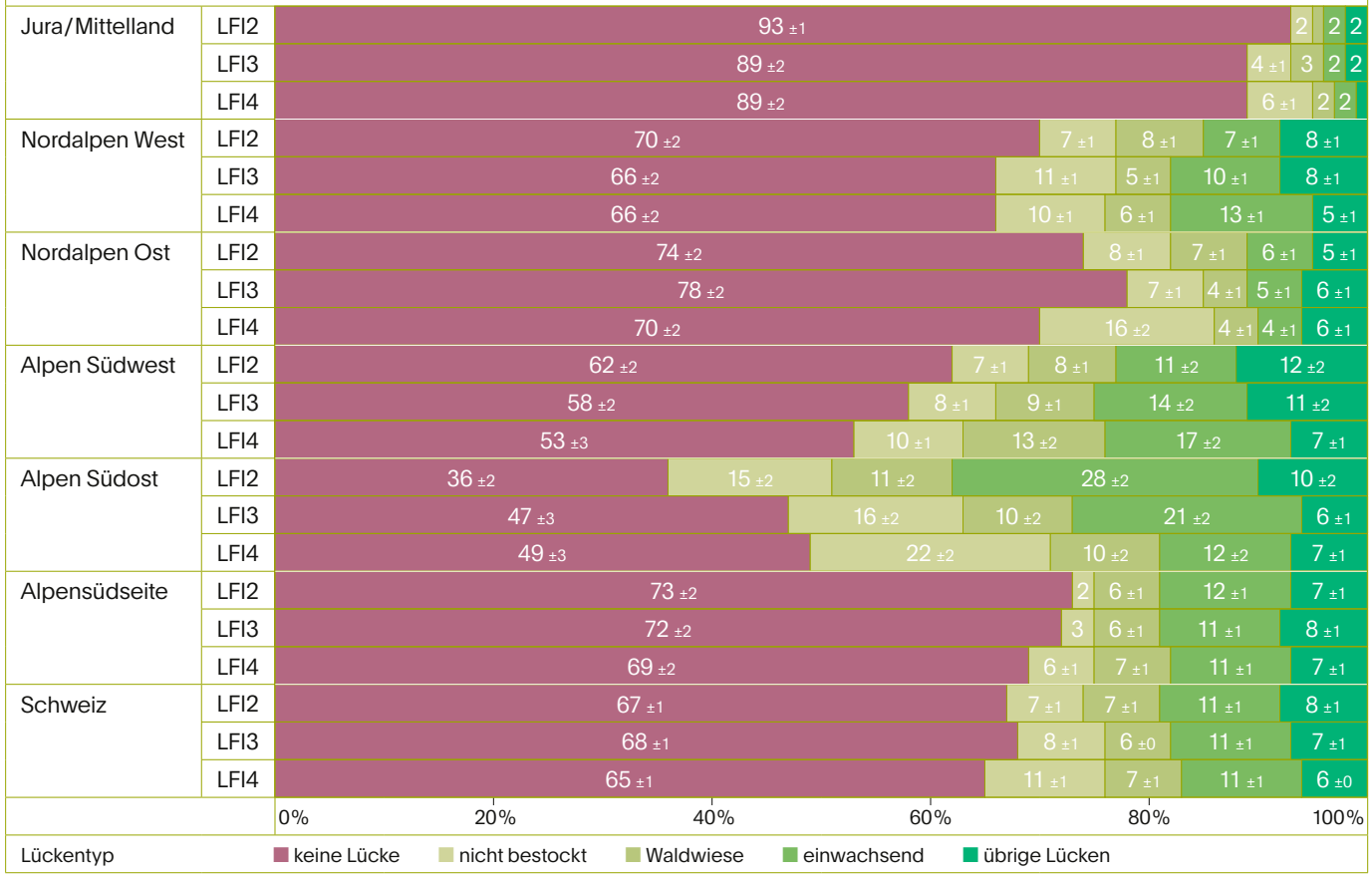
[1] Kronendeckungsgrad

Auf 63% der Probeflächen im Schutzwald LFI4 kommen gemäss Luftbildinterpretation keine Lücken vor, oder ihre Fläche ist kleiner als 600 m^2. In jedem Fall kritische Lücken mit einer Fläche über 1200 m^2 sind dagegen auf jeder fünften Probefläche vorhanden, in der Region Alpen Südost (Graubünden ohne Misox/Puschlav) sogar auf jeder dritten Fläche (Tab. **218**). Seit dem LFI3 hat sich die Situation bezüglich der problematischen Lücken insgesamt nicht signifikant, aber tendenziell verbessert. In der Region Alpen Südwest (Wallis) hat sie sich dagegen verschlechtert (nicht dargestellt).

In Steinschlagschutzwäldern ist die **Basalfläche** als Mass für die Bestandesdichte ein wichtiger Indikator für die Schutzwirkung. Sie sollte für eine ausreichende Wirkung mindestens 25 m^2/ha betragen (Gaugelin und Courbaud 2006, Volkwein *et al.* 2011). Als zu gering bestockt gelten dagegen Bestände

217 **Schutzwaldfläche LFI4 nach Lückentyp**

in % pro Schutzwaldregion
Auswertungseinheit: Schutzwald LFI4 im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald LFI2/LFI3/LFI4



WSL/LFI4

218 **Schutzwaldfläche LFI4 nach Lückengrösse gemäss Luftbild**

in % pro Schutzwaldregion
Auswertungseinheit: Schutzwald LFI4 im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald

Fläche der grössten Lücke in m^2	Jura/Mittelland		Nordalpen West		Nordalpen Ost		Alpen Südwest		Alpen Südost		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
keine Lücke vorhanden	29,0	2,6	21,3	1,8	24,0	2,2	13,8	1,7	11,4	1,5	27,4	1,8	21,2	0,8
unter 600	52,8	2,9	43,6	2,1	43,2	2,6	39,0	2,4	33,6	2,3	43,1	2,0	42,2	1,0
600–1200	10,8	1,8	16,7	1,6	15,1	1,9	22,0	2,0	22,0	2,0	14,4	1,4	16,9	0,7
über 1200	7,4	1,5	18,5	1,6	17,7	2,0	25,2	2,1	32,7	2,3	15,1	1,4	19,6	0,8
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	



Der weitaus grösste Teil des Schutzwalds LFI4 dient der Minderung von Gerinneprozessen; St. Antönien GR.

mit einer Basalfläche von unter 15 m^2/ha (Bauerhansl *et al.* 2010). Der Anteil der Schweizer Schutzwaldfläche mit ausreichender Basalfläche (> 25 m^2/ha) beträgt heute 66% (Abb. **219**). 17% der Bestände weisen eine Basalfläche zwischen 15 und 25 m^2/ha auf und befinden sich bezüglich Steinschlagschutz daher in einem kritischen Bereich. Nur 17% sind zu gering bestockt (Basalfläche < 15 m^2/ha). Über die gesamte Schweiz betrachtet hat der Anteil der Bestände mit ausreichender Basalfläche bezüglich Steinschlagschutz seit dem LFI1 kontinuierlich zugenommen. Die Entwicklung ist jedoch regional leicht unterschiedlich. Während es in den Regionen Jura/Mittelland, Nordalpen West und Nordalpen Ost keine signifikanten Änderungen gab, nahm der Anteil der Bestände mit einer Basalfläche über 25 m^2/ha in den Regionen Alpen Südost und Alpen Südwest um 9 beziehungsweise 11 Prozentpunkte und auf der Alpensüdseite sogar um 24 Prozentpunkte zu.

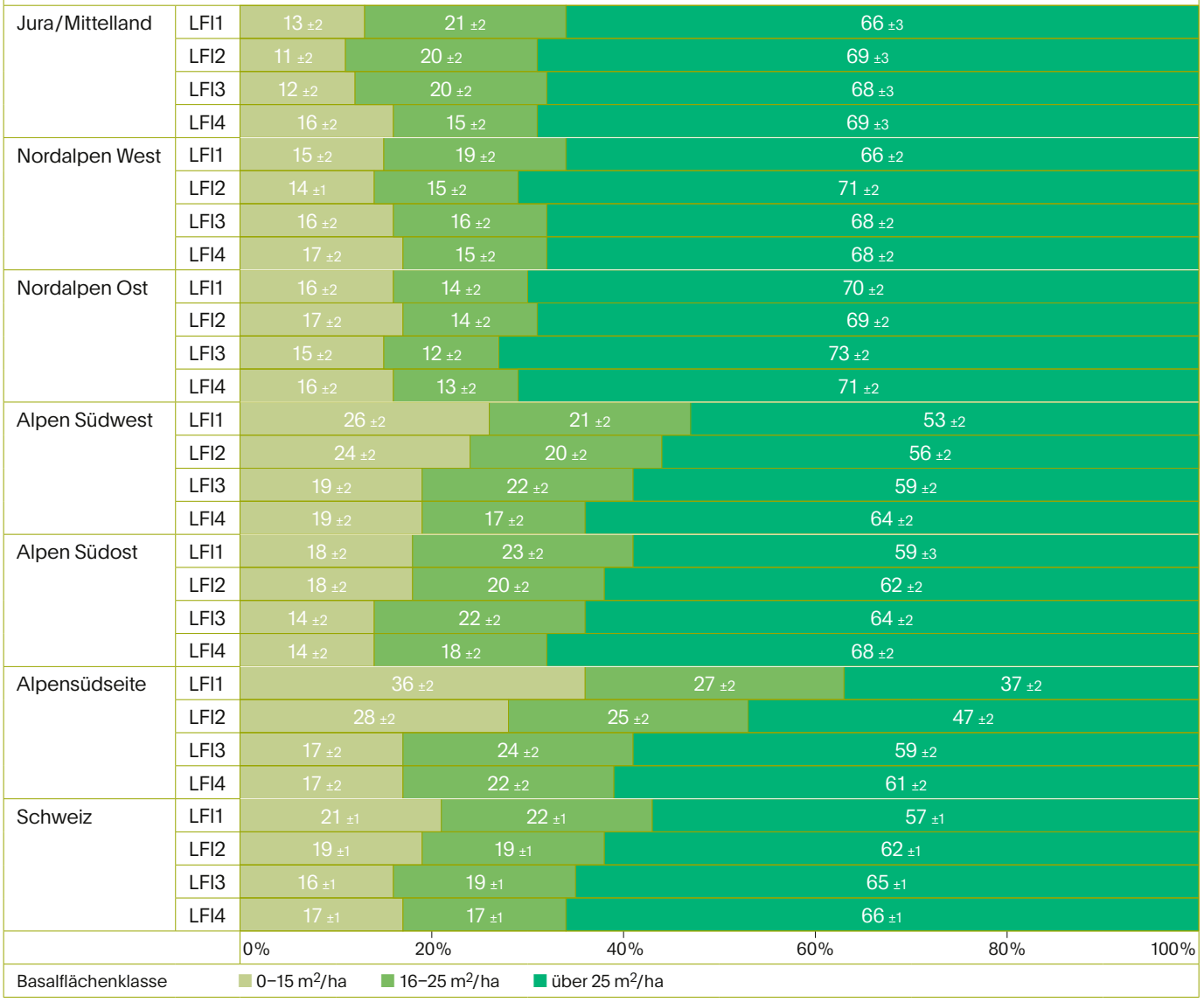
Dichte Bestände wirken optimal gegen Steinschlag, bieten aber schlechte Bedingungen für eine kontinuierliche Waldverjüngung. So zeigt der **Bestandesdichteindex** (SDI) eine stetige Zunahme des Anteils der dichten und sehr dichten Bestände im Schutzwald von 21% im LFI1 auf 28% im LFI4 (nicht dargestellt). Am stärksten ist dieser Trend auf der Alpensüdseite, gefolgt von den Regionen Alpen Südost und Alpen Südwest. In der Region Alpen Südwest haben solche Bestände seit dem LFI3 allerdings nicht mehr zugenommen, was möglicherweise auf eine vermehrte Schutzwaldpflege zurückzuführen ist.

Stabilität

Die Schutzwaldpflege hat nicht nur eine gegenwärtig optimale Wirkung gegen Naturgefahren zum Ziel, sondern auch die Sicherstellung einer nachhaltigen Waldentwicklung, damit die Schutzwirkung auch in Zukunft gewährleistet ist. Als Indikatoren dafür dienen Bestandesstruktur, Schlussgrad, Mischungsgrad, Bestandesstabilität, Verjüngung und Baumartenmischung. Auch diese Auswahl an Indikatoren mit den entsprechenden Sollwerten orientiert sich am Methodenbericht zum LFI2 (Brändli und Herold 2001) und an der Wegleitung NaiS (Frehner *et al.* 2005). Die Sollwerte sind in NaiS als Minimal- und Idealprofile in Abhängigkeit vom Standorttyp

219 Schutzwaldfläche LFI4 nach Basalflächenklasse

in % pro Schutzwaldregion
Auswertungseinheit: Schutzwald LFI4 im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald LFI1/LFI2/LFI3/LFI4



WSL/LFI4

(Waldgesellschaft) spezifiziert. Da die Standorttypen für die LFI-Probeflächen noch nicht vorliegen, erfolgt die Zuordnung im LFI4 wie bereits im LFI3 über Modelle zur potenziellen natürlichen Vegetation (Küchler 2009). Im Rahmen eines laufenden Zusatzprojektes des BAFU werden die NaiS-Standorttypen für alle LFI-Probeflächen ermittelt, bis 2020 bereinigt und danach im LFI für differenzierte Analysen verwendet.

Bestände mit mehrschichtiger, stufiger oder rottenförmiger **Struktur** gelten als weniger anfällig auf Störungen als einschichtige Bestände (Hanewinkel *et al.* 2014). Der Schutzwald LFI4 ist zu 33% einschichtig, zu 48% mehrschichtig, zu 15% stufig und zu 1% rottenförmig (nicht dargestellt). Der Anteil der einschichtigen Bestände hat seit dem LFI3 schweizweit um 8 Prozentpunkte abgenommen. Auf der Alpensüdseite betrug die Abnahme sogar 19 Prozentpunkte (nicht darge-

220 **Schutzwaldfläche LFI4 nach Mischungsgrad und Schlussgrad**

in 1000 ha
Auswertungseinheit: Schutzwald LFI4 im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald

	Mischungsgrad											
Schlussgrad	Nadelwald rein		Nadelwald gemischt		Laubwald gemischt		Laubwald rein		keine Angabe		Total	
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %
gedrängt	34,3	7	23,0	9	26,7	9	54,3	6	0,0	*	138,3	3
normal	42,0	7	21,6	9	12,9	12	31,1	8	0,0	*	107,5	4
locker/räumig	75,7	5	23,3	9	10,6	14	16,6	11	0,0	*	126,1	4
aufgelöst	30,7	8	6,0	18	3,2	25	6,6	17	0,0	*	46,4	6
gruppiert	36,0	7	6,0	18	6,1	18	14,4	12	0,0	*	62,5	5
Stufenschluss	22,9	9	6,9	17	1,0	45	1,2	41	0,0	*	32,0	8
keine Angabe	0,0	*	0,0	*	0,0	*	0,0	*	11,6	13	11,6	13
Total	**241,5**	**2**	**86,8**	**5**	**60,5**	**6**	**124,1**	**3**	**11,6**	**13**	**524,4**	**1**

* Schätzfehler nicht berechenbar

221 **Schutzwaldfläche LFI4 nach Bestandesstabilität**

in % pro Schutzwaldregion
Auswertungseinheit: Schutzwald LFI4 im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald

Bestandesstabilität	Jura/Mittelland		Nordalpen West		Nordalpen Ost		Alpen Südwest		Alpen Südost		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
kritisch	1,4	0,7	5,9	1,0	7,8	1,4	10,1	1,5	7,6	1,3	7,3	1,1	6,9	0,5
vermindert stabil	42,4	2,9	51,6	2,1	53,1	2,6	47,4	2,4	42,1	2,4	57,8	2,0	50,1	1,0
stabil	56,3	2,9	42,5	2,1	39,1	2,5	42,5	2,4	50,3	2,5	34,9	1,9	43,0	1,0
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

stellt). Das bedeutet, dass sich der Schutzwald bezüglich der Bestandesstruktur in den vergangenen Jahren positiv entwickelt hat.

Gleichförmige, dichte Nadelreinbestände gelten in Schutzwäldern wegen des erhöhten Risikos eines flächigen Zusammenbruchs, zum Beispiel durch Windwurf und Borkenkäfer, als besonders ungünstig (Huber *et al.* 2015). Um dieses Risiko beurteilen zu können, werden der **Mischungsgrad** und der **Schlussgrad** (Kap. 2.4) hier in Kombination betrachtet. Der Schutzwald LFI4 besteht zu 47% aus reinen Nadelbeständen, zu 24% aus reinen Laubbeständen und zu 29% aus Mischbeständen (Tab. **220**). Im LFI4-Schutzwald nehmen die Nadelreinbestände mit gedrängtem Schlussgrad rund 34000 ha ein. Das sind weniger als 7% der Schutzwaldfläche. Dieser Anteil hat sich seit dem LFI3 nicht signifikant verändert (nicht dargestellt).

Zur Abschätzung des mittelfristigen Risikos von Schäden durch Störungen wird im LFI die **Bestandesstabilität** gutachtlich beurteilt. Dafür wird die vermutete Widerstandsfähigkeit des Bestandes den lokal massgebenden Hauptbelastungen (z. B. Wind) gegenübergestellt und daraus die Wahrscheinlichkeit von grösseren Schäden am Bestand während der nächsten 10 (Jura, Mittelland und Voralpen) bzw. 20 Jahre (Alpen und Alpensüdseite) abgeschätzt. Die Relevanz und die Aussagekraft dieser gutachtlichen Beurteilung konnten Herold und Ulmer (2001) anhand von LFI-Daten belegen. Sie erlaubt eine gute Einschätzung des aktuellen Zustandes, für die Feststellung von Veränderungen ist sie aber aus methodischen Gründen eher ungeeignet. Im Schutzwald LFI4 wurden die Bestände auf 7% der Probeflächen als kritisch, auf 50% als vermindert stabil und auf 43% als stabil beurteilt (Tab. **221**). Der Anteil stabiler Bestände ist in den Schutzwaldregionen Jura / Mittelland und Alpen Südost grösser, auf der Alpensüdseite dagegen kleiner als im Schweizer Durchschnitt. Am grössten ist der Anteil Bestände mit kritischer Stabilität in der Schutzwaldregion Alpen Südwest (Wallis) mit rund 10%.



WSL/LFI4

Lückenlos geschlossene, wintergrüne Nadelwälder können die Entstehung von Waldlawinen am besten verhindern; Churwalden GR.

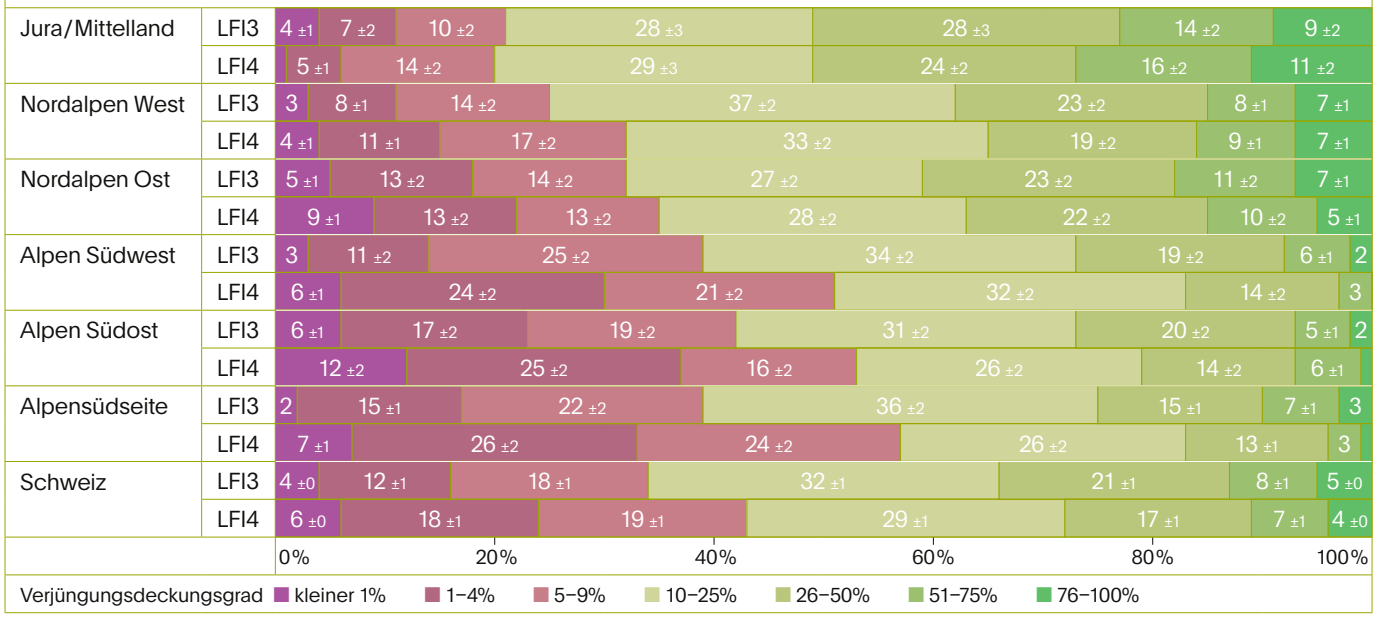


Eine standortgerechte Baumartenzusammensetzung erhöht die langfristige Bestandesstabilität; Jura.

Nachhaltig aufgebaute Schutzwälder sollten gemäss Frehner *et al.* (2005) je nach Standort auf mindestens 3 bis 6% ihrer Fläche **Verjüngung** aufweisen. Das LFI erfasst auf der Interpretationsfläche den Deckungsgrad der Verjüngung ab einer Höhe von 10 cm bis zu einem BHD von 12 cm in sieben Klassen (Kap. 2.3). Ein Deckungsgrad unter 5% wird als ungenügend betrachtet, ein solcher zwischen 5 und 9% als knapp genügend. Gesamtschweizerisch hat sich die Verjüngungssituation im Schutzwald LFI4 seit der Vorinventur LFI3 deutlich verschlechtert: Der Anteil der Schutzwaldfläche mit ungenügender Verjüngung hat von 16 auf 24% zugenommen (Abb. **222**). Die Entwicklung ist aber regional sehr unterschiedlich. So hat der Anteil der ungenügend verjüngten Wälder in der Schutzwaldregion Jura/Mittelland etwas abgenommen, dagegen in den beiden Regionen der Nordalpen geringfügig und in den Regionen Alpen Südwest, Alpen Südost und Alpensüdseite stark – um je etwa 15 Prozentpunkte – zugenommen. In diesen drei Regionen beträgt der Anteil ungenügend verjüngter Schutzwälder heute 30, 37 und 33%. In der Region Alpen Südost weisen derzeit gar 12% der Schutzwaldfläche LFI4 keine Verjüngung auf (Verjüngungsdeckungsgrad unter 1%). Einer der Haupteinflussfaktoren für diese Entwicklung in den zuletzt genannten Regionen ist vermutlich die zunehmende Bestandesdichte (siehe oben), die dazu führt, dass in vielen Beständen zu wenig Licht und Wärme für die Entstehung von Naturverjüngung auf den Waldboden gelangt. Die vorhandene Verjüngung wächst sukzessive über die Kluppschwelle von 12 cm, und so sinkt der Deckungsgrad, falls keine neue Verjüngung aufkommt.

222 **Schutzwaldfläche LFI4 nach Verjüngungsdeckungsgrad**

in % pro Schutzwaldregion
Auswertungseinheit: Schutzwald LFI4 im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald LFI3/LFI4



WSL/LFI4

Als **sehr problematisch** bezüglich langfristiger Schutzwirkung gelten Schutzwälder mit kritischer Stabilität und ungenügender Verjüngung (Deckungsgrad unter 5%). Solche Schutzwälder sind auf 7400 ha anzutreffen. Sie machen damit nur 1,4% der Schutzwaldfläche aus (Tab. **223**). Problematisch sind aber auch Bestände mit verminderter Stabilität und mit einem Verjüngungsdeckungsgrad unter 10% sowie solche mit kritischer Stabilität und einem Verjüngungsdeckungsgrad von nur 5–9%. Dies trifft für weitere 121 100 ha (23,1%) zu. Problematische bis sehr problematische Bestände machen also rund einen Viertel der Schutzwaldfläche aus. Seit dem LFI3 hat sich die Fläche der sehr problematischen Bestände praktisch nicht verändert (nicht dargestellt). Aussagen über Veränderungen der problematischen Bestände sind aus methodischen Gründen nicht möglich.

223 **Schutzwaldfläche LFI4 nach Bestandesstabilität und Verjüngungsdeckungsgrad**

in 1000 ha
Auswertungseinheit: Schutzwald LFI4 im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald

Verjüngungsdeckungsgrad	Bestandesstabilität							
	kritisch		vermindert stabil		stabil		Total	
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %
unter 1%	3,9	22	17,1	11	12,0	13	33,0	8
1–4%	3,5	24	45,0	6	46,7	6	95,3	4
5–9%	4,9	20	54,1	6	37,1	7	96,0	4
10–50%	17,9	10	119,7	4	104,5	4	242,1	3
51–100%	6,0	18	26,6	9	25,4	9	57,9	6
Total	**36,1**	**7**	**262,6**	**2**	**225,7**	**3**	**524,4**	**1**

Schutzwaldfläche LFI4 mit sehr problematischem oder problematischem Bestandeszustand hinsichtlich Stabilität und Verjüngung

	1000 ha	± %	%	±
sehr problematisch	7,4	16	1,4	0,2
problematisch	121,1	4	23,1	0,8
Total	**128,5**	**4**	**24,5**	**0,8**

Einen bedeutenden Einfluss auf die Waldverjüngung hat der **Schalenwildverbiss** (Kap. 3.2), auch was die Baumartenzusammensetzung in der Verjüngung betrifft. Über alle Baumarten und Regionen hinweg weisen heute im Schutzwald 16% der Bäume unter 1,3 m Höhe einen Gipfeltriebverbiss aus dem Vorjahr auf (nicht dargestellt). Dieses Merkmal wird als Verbissintensität bezeichnet. Verschlechtert hat sich die Situation in den Regionen Alpen Südwest und Alpensüdseite, wo die Verbissintensität seit dem LFI2 (1993/95) um 9 bzw. 12 Prozentpunkte auf 18 bzw. 23% zunahm (nicht dargestellt). Weil mit der Methode LFI2 die Verbissintensität überschätzt wurde (Schwyzer und Zinggeler 2000), dürfte die effektive Zunahme noch grösser sein. Eine starke Zunahme der Verbissbelastung seit dem LFI2 verzeichnete die im Schutzwald sehr wichtige Baumart **Weisstanne.** Seit dem LFI2 hat die Verbissintensität bei der Weisstanne im Schutzwald LFI4 gesamtschweizerisch von 13 auf 28% zugenommen, sich also mehr als verdoppelt. In der Region Alpen Südost (Graubünden ohne Misox/Puschlav), wo sie im LFI2 noch 22% betrug, erreicht sie im LFI4 gar den extrem hohen Wert von 75% (nicht dargestellt). Sie liegt in allen Schutzwaldregionen ausser auf der Alpensüdseite deutlich über der kritischen Verbissintensität von 9% (Eiberle und Nigg 1987). Bleibt diese Situation zu lange bestehen, dann ist mit verbissbedingtem Absterben von Pflanzen zu rechnen sowie damit, dass keine oder nur noch wenige Tannen im Schutzwald aufwachsen und die Art auf lange Sicht in der Oberschicht fehlen wird. Im Durchschnitt der

WSL/LFI4

224 Gesamtbasalfläche[1] nach Hauptbaumart und potenzieller natürlicher Vegetation im Schutzwald LFI4

in %
Auswertungseinheit: Schutzwald LFI4 im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald

Hauptbaumart	Waldformation															
	Buchenwälder		Tannen-Buchenwälder		Tannen-Fichtenwälder		Fichtenwälder		Arven- und Lärchenwälder		Föhrenwälder		übrige Laubwälder		Gesamt	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
Fichte	18,5	1,5	39,1	1,6	71,7	1,7	71,6	1,7	33,8	3,0	50,2	4,2	24,9	1,7	44,1	0,8
Tanne	14,7	1,3	23,0	1,3	10,2	1,2	2,1	0,5	2,5	0,9	3,9	1,4	5,7	0,9	10,7	0,5
Föhre	4,3	0,9	0,5	0,2	0,9	0,4	3,1	0,6	1,0	0,4	21,7	3,4	2,8	0,6	2,8	0,3
Lärche	3,9	0,8	1,1	0,3	9,4	1,1	18,2	1,5	41,6	2,8	13,0	2,8	3,9	1,0	9,7	0,5
Arve	0,0	*	0,0	*	0,0	*	1,4	0,4	13,6	1,9	1,4	0,7	0,0	0,0	1,3	0,2
übrige Nadelhölzer	0,8	0,3	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,3	0,2	0,2	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1
Buche	37,0	1,8	26,8	1,5	2,7	0,6	0,9	0,3	3,7	1,1	3,4	1,8	13,6	1,3	15,0	0,6
Ahorn	4,6	0,5	4,7	0,4	1,3	0,3	0,5	0,2	0,4	0,3	0,5	0,3	5,3	0,6	3,1	0,2
Esche	6,0	0,7	1,7	0,3	0,2	0,1	0,3	0,3	0,0	*	0,2	0,1	7,1	0,7	2,7	0,2
Eiche	1,8	0,4	0,1	0,1	0,3	0,2	0,0	*	0,4	0,3	0,9	0,8	3,2	0,5	1,0	0,1
Kastanie	3,1	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	*	1,1	0,7	0,0	*	16,9	1,7	3,8	0,4
übrige Laubhölzer	5,2	0,7	2,6	0,3	2,7	0,5	1,6	0,4	1,5	0,4	4,3	1,3	15,9	1,1	5,3	0,3
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

[1] Gesamtbasalfläche: Basalfläche aller lebenden und toten Bäume
* Schätzfehler nicht berechenbar

225 Schutzwaldfläche LFI4 nach dem Zeitpunkt des letzten Eingriffs

in % pro Schutzwaldregion
Auswertungseinheit: Schutzwald LFI4 im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald

letzter Eingriff vor	Jura/Mittelland		Nordalpen West		Nordalpen Ost		Alpen Südwest		Alpen Südost		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
0–10 Jahren	51,2	2,9	42,6	2,1	38,1	2,5	22,5	2,1	22,0	2,0	11,2	1,3	29,4	0,9
11–20 Jahren	19,1	2,3	20,5	1,7	23,2	2,2	13,1	1,7	20,6	2,0	6,0	1,0	16,2	0,7
21–30 Jahren	8,8	1,7	12,1	1,4	10,8	1,6	9,6	1,4	16,3	1,8	7,8	1,1	10,8	0,6
31–50 Jahren	9,9	1,7	11,7	1,4	13,3	1,8	16,8	1,8	18,0	1,9	16,5	1,5	14,6	0,7
über 50 Jahren	11,0	1,8	13,1	1,5	14,6	1,9	38,1	2,4	23,2	2,1	58,6	2,0	29,0	0,8
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

Schweizer Schutzwälder hat aber die Jungwaldstammzahl der Tanne in den verbissgefährdeten Höhenklassen (0,1–1,3 m Höhe) seit dem LFI2 nicht ab-, sondern tendenziell leicht zugenommen (nicht dargestellt).

Naturnah zusammengesetzte Wälder weisen ein geringeres Risiko für grossflächige Störungen wie Windwurf oder Borkenkäfer auf. Daher sollte der Schutzwald in seiner **Baumartenzusammensetzung** möglichst der potenziellen natürlichen Vegetation entsprechen. Frehner *et al.* (2005) geben Richtwerte für die Baumartenanteile je Standorttyp (Waldgesellschaft) an. Demnach soll der Fichtenanteil auf Standorten der Buchenwälder maximal 10 bis 30%, in Tannen-Buchenwäldern maximal 40% und in Tannen-Fichtenwäldern maximal 60 bis 70% betragen. Je einen Anteil von mindestens 30% sollten dagegen die Tanne in Tannen-Buchen- und Tannen-Fichtenwäldern und die Buche in Buchenwäldern und Tannen-Buchenwäldern einnehmen. Tabelle **224** zeigt die Basalflächenanteile der Baumarten in den sieben Waldformationen, zu denen die potenzielle natürliche Vegetation im LFI aggregiert wird.

Der Fichtenanteil ist in allen Waldformationen nahe am oder sogar über dem oberen Grenzwert. Auf Standorten der Föhrenwälder und der übrigen Laubwälder hat die Fichte sogar den grössten Anteil aller Baumarten. In den Tannen-Buchenwäldern und den Tannen-Fichtenwäldern ist der Tannenanteil deutlich geringer als der Sollwert. In den Tannen-Buchenwäldern ist zudem der Buchenanteil etwas zu gering. Seit dem LFI3 gab es keine signifikanten Änderungen in den Baumartenanteilen. Tendenziell hat aber die Fichte wie schon in der Vorperiode im Schutzwald in allen Waldformationen abgenommen (nicht dargestellt). Buche und Tanne weisen unveränderte Anteile auf. Seit dem LFI1 hat der Anteil der Fichte um 5% abgenommen, jener der Tanne blieb unverändert, und Buche, Ahorn und Esche haben zusammen um 3% zugenommen (nicht dargestellt).

Waldbauliche Eingriffe und Erschliessung

Im Schutzwald LFI4 wurden gemäss Umfrage bei den Förstern auf 29% der Fläche innerhalb der letzten 10 Jahre **waldbauliche Eingriffe** durchgeführt (Tab. **225**). Die regionalen Unterschiede sind jedoch beträchtlich: In den Regionen nördlich der Alpen wurden in dieser Zeit zwischen 38 und 51% des Schutzwalds behandelt, in den Alpen dagegen aufgrund der ungünstigeren Wuchsbedingungen und der höheren Holzerntekosten nur rund 22%. Auf der Alpensüdseite fanden in den letzten 10 Jahren sogar nur auf 11% der Schutzwaldfläche waldbauliche Eingriffe statt. Auf 59% derselben wurde hier letztmals vor über 50 Jahren eingegriffen. Gründe für die tiefe Bewirtschaftungsintensität auf der Alpensüdseite sind sicher die geringe Walderschliessung und das steile Gelände. Auf mehr als der Hälfte der Schutzwaldfläche erfolgt hier die Holzernte mittels Helikopter (Huber *et al.* 2015). Gesamtschweizerisch gesehen hat der Anteil der Schutzwaldfläche mit Eingriffen in den letzten 10 Jahren seit dem LFI3 um 2 Prozentpunkte abgenommen. Um 2 Prozentpunkte zugenommen hat dagegen der Anteil,



Schutzwaldpflege schafft Licht für die Verjüngung. Hohe Stöcke und querliegende Stämme stabilisieren die Schneedecke; Martigny-Combe VS.

WSL/LFI4

der in den letzten 50 Jahren ohne Eingriff blieb (nicht dargestellt). Bereits in der Vorperiode wurde ein ähnlich leichter Rückgang der waldbaulichen Eingriffe im Schutzwald verzeichnet (Duc *et al.* 2010a). Dennoch wurde im Verlauf der letzten 20 Jahre noch immer fast die Hälfte des Schutzwaldes gepflegt (Tab. **225**).

In den vergangenen 10 Jahren wurden 149000 ha Schutzwald waldbaulich behandelt (Tab. **226**). Mit rund 15000 ha ist die jährlich behandelte Schutzwaldfläche gleich gross wie in der Vorperiode (Duc *et al.* 2010a). Den grössten Anteil an den Eingriffen hatten in den letzten 10 Jahren die Sanitärhiebe mit 27% (40000 ha), gefolgt von Durchforstungen (14%), Lichtungen (12%), Gebirgswald- und Dauerwalddurchforstung (12%) und Jungwaldpflege (11%). Im Gegensatz dazu haben ausserhalb des Schutzwaldes die Durchforstungen mit 26% den grössten Anteil, gefolgt von den Sanitärhieben mit 19% und der Jungwaldpflege mit 18% (nicht dargestellt).

Auf 29% der Schutzwaldfläche LFI4 mit einem Eingriff seit der Vorinventur waren **Zwangsnutzungen** mitbeteiligt, meist waren sie für den Eingriff gar ausschlaggebend. Der Anteil der Schutzwaldfläche mit Zwangsnutzungsanteil variiert je nach Region zwischen 19 und 37% (nicht dargestellt). Seit dem LFI2 hat er kontinuierlich und stark abgenommen (Abb. **228**). Die regulären Eingriffe haben dementsprechend zugenommen. Dies ist sicher auch dadurch bedingt, dass im Gebiet der Schutzwälder zumindest im vergangenen Jahrzehnt kein grosser Sturmschaden oder starker Borkenkäferbefall zu verzeichnen war.

Die **Dringlichkeit künftiger Eingriffe** wurde im LFI4 mittels Umfrage beim Forstdienst ermittelt, wobei die lokalen Waldfunktionen berücksichtigt wurden. Innerhalb der nächsten 20 Jahre sind auf 294000 ha oder 56% der Schutzwaldfläche waldbauliche Eingriffe vorgesehen (Tab. **227**). Auf 203000 ha (39%) soll sogar innerhalb der nächsten 10 Jahre ein Eingriff stattfinden. Diese Fläche ist rund einen Drittel grösser als jene, die in den letzten 10 Jahren gepflegt wurde

226 **Schutzwaldfläche LFI4 nach Art des Eingriffs in den letzten 10 Jahren**

in 1000 ha
Auswertungseinheit: Schutzwald LFI4 im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald

Art des Eingriffs in den letzten 10 Jahren	Jura/Mittelland		Nordalpen West		Nordalpen Ost		Alpen Südwest		Alpen Südost		Alpensüdseite		Schweiz	
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %
Jungwaldpflege	4,1	22	4,7	21	3,0	26	1,2	41	3,0	26	0,8	50	16,9	11
Durchforstung	8,2	15	5,2	20	4,4	21	0,6	58	0,6	58	1,4	38	20,4	10
Lichtung	4,0	22	5,9	18	1,8	33	2,2	30	3,2	25	1,4	38	18,5	10
Räumung	2,8	27	2,1	31	2,4	29	0,6	58	2,0	31	0,8	50	10,7	14
Plenterung	2,4	29	5,7	19	0,6	58	0,2	*	0,4	71	0,2	*	9,4	14
Gebirgswald- und Dauerwalddurchforstung	2,0	32	4,3	21	3,5	23	6,2	17	0,8	50	0,6	58	17,4	10
Sanitärhieb	4,3	21	15,0	11	7,5	16	4,6	21	5,5	19	3,2	25	40,0	7
agro-forstliche Eingriffe	1,4	38	1,6	35	1,9	31	2,0	31	0,8	50	2,0	32	9,6	14
übrige Eingriffe	0,8	50	1,7	35	0,8	50	0,4	71	0,2	*	2,2	30	6,1	18
Total	**30,0**	**8**	**46,2**	**6**	**25,9**	**8**	**17,9**	**10**	**16,5**	**11**	**12,5**	**12**	**149,0**	**3**

* Schätzfehler ≥ 100%

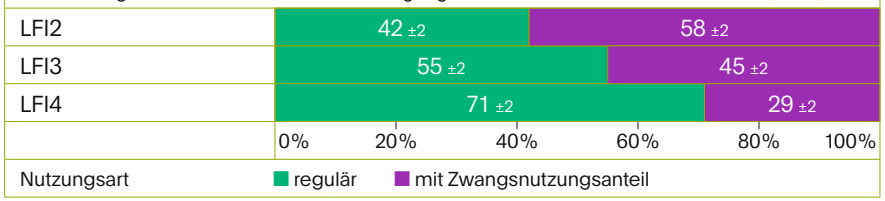
(149000 ha; Tab. **226**). Sie ist auch um etwa einen Zehntel grösser als jene, für die im LFI3 ein Eingriff in den nächsten 10 Jahren geplant war (187000 ha; nicht dargestellt). Die Schutzwaldfläche mit relativ dringlichen Eingriffen hat demnach zugenommen. Für das kommende Jahrzehnt am häufigsten vorgesehen sind Gebirgswalddurchforstungen (26%), Lichtungen (19%) und Durchforstungen (19%; nicht dargestellt).

Waldbauliche Massnahmen lassen sich nur realisieren, wenn die Wälder erschlossen sind. Der Schutzwald LFI4 weist nur auf rund 19% seiner Fläche eine Hangneigung unter 40% auf (Tab. **215**). Solche Flächen sind in der Regel mit Holzerntefahrzeugen befahrbar und werden ausgehend von lastwagenbefahrbaren Strassen mit Rückegassen oder Maschinenwegen feinerschlossen. Steilere Waldflächen müssen mittels Strasse und Seillinie oder Helikopter erschlossen werden. Als **Erschliessungskonzept** sind auf 139000 ha (27%) der Schutzwaldfläche LFI4 Strassen in Kombination mit Rückegassen oder Maschinenwegen vorgesehen oder eingerichtet (nicht dargestellt). Auf 208000 ha (40%) sollen Seilkräne zum Einsatz kommen und auf 128000 ha (24%) der Helikopter. Auf 9% der Schutzwaldfläche LFI4 ist derzeit keine Erschliessung vorgesehen; das bedeutet, dass das Holz im Falle eines Eingriffes liegen bleibt oder ebenfalls per Helikopter abtransportiert wird.

Im Schutzwald beträgt die Länge der erhobenen **Lastwagenstrassen** nach Definition LFI (Fahrbahnbreite mind. 2,5 m, Oberbau auf Achslast von 10 t dimensioniert) insgesamt 6454 km. Davon entsprechen 65% der Waldstrassendefinition des BAFU, d.h., sie sind mit 4-Achsern von mindestens 28 bis 32 t Gesamtgewicht befahrbar. Ausserhalb des Schutzwaldes beträgt dieser Anteil dagegen 89% (nicht dargestellt). Damit ist die Befahrbarkeit der Strassen im Schutzwald deutlich schlechter. Seit dem LFI3 wurden insgesamt 408 km Waldstrassen neu gebaut oder ausgebaut (Kap. 2, Tab. **042**), davon 149 km (37%) im Schutzwald LFI4. Da dessen Flächenanteil bei 42% liegt, war hier der Neu- und Ausbau von Waldstrassen unterdurchschnittlich (nicht dargestellt).

228 **Schutzwaldfläche LFI4 nach Nutzungsart**

in %
Auswertungseinheit: Schutzwald LFI4 im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald LFI2/LFI3/LFI4



227 **Schutzwaldfläche LFI4 nach Dringlichkeit und Art des nächsten Eingriffs**

in 1000 ha
Auswertungseinheit: Schutzwald LFI4 im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald mit Angaben zur waldbaulichen Dringlichkeit

Art des nächsten Eingriffs	nächster Eingriff angezeigt in							
	0–10 Jahren		11–20 Jahren		über 20 Jahren[1]		Total	
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %
Jungwaldpflege	24,7	9	6,6	17	–		31,3	8
Durchforstung	38,2	7	12,6	12	–		50,7	6
Lichtung	38,5	7	15,1	11	–		53,6	6
Räumung	8,5	15	3,4	24	–		12,0	13
Plenterung	13,6	12	4,7	20	–		18,3	10
Dauerwalddurchforstung	10,9	13	3,2	25	–		14,1	11
Gebirgswalddurchforstung	53,5	6	38,1	7	–		91,7	4
agro-forstliche Eingriffe	4,2	22	2,6	28	–		6,7	17
Sanitärhieb	4,0	22	1,0	45	–		5,0	20
übrige Eingriffe	6,5	18	4,0	22	–		10,5	14
allfälliger Eingriff in über 20 Jahren[1]	–		–		230,5	2	230,5	2
Total	**202,6**	3	**91,3**	4	**230,5**	2	**524,4**	1

[1] inkl. auf absehbare Zeit kein Eingriff vorgesehen

WSL/LFI4

229 **Schutzwaldfläche LFI4 nach Holzernteverfahren, Schrägdistanz zur nächsten Waldstrasse, Erschliessungsgrad und Dringlichkeit des nächsten Eingriffs**

in 1000 ha pro Schutzwaldregion
Auswertungseinheit: Schutzwald LFI4 im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald

Holzernte-verfahren	Schrägdistanz Probefläche–Strasse[1] in m	Erschliess-ungsgrad	Jura/ Mittelland		Nordalpen West		Nordalpen Ost		Alpen Südwest		Alpen Südost		Alpen-südseite		Schweiz		nächster Eingriff angezeigt in 0–20 Jahren	
			1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %
boden-gestützt	0–125	gut	30,0	8	17,4	10	12,0	12	3,4	23	3,3	24	4,0	22	70,1	5	61,7	5
	126–500	mässig	16,2	11	13,6	12	8,0	15	3,7	23	3,0	26	2,5	29	46,9	6	37,2	7
	>500	schlecht	3,0	26	10,2	14	6,0	18	9,1	14	12,1	12	10,0	14	50,4	6	27,1	8
	Total		**49,2**	**6**	**41,2**	**6**	**26,0**	**8**	**16,3**	**10**	**18,4**	**10**	**16,4**	**10**	**167,4**	**3**	**126,1**	**4**
seil- und luftgestützt	0–500	gut	7,8	16	37,0	7	24,6	8	19,6	9	13,5	12	15,8	11	118,4	4	75,0	5
	501–1500	mässig	1,2	41	21,2	9	14,7	11	20,9	9	21,5	9	34,3	7	113,9	4	52,5	6
	>1500	schlecht	0,0	*	10,4	14	6,8	17	24,1	8	28,7	8	53,8	5	123,7	4	39,8	7
	Total		**9,0**	**15**	**68,6**	**5**	**46,1**	**5**	**64,7**	**4**	**63,7**	**4**	**103,9**	**3**	**356,1**	**2**	**167,3**	**3**
Total		gut	37,8	7	54,4	5	36,6	6	23,1	8	16,8	10	19,8	9	188,5	3	136,7	3
		mässig	17,4	10	34,8	7	22,7	9	24,7	8	24,5	8	36,8	6	160,8	3	89,7	4
		schlecht	3,0	26	20,6	9	12,8	12	33,2	7	40,8	6	63,7	4	174,1	3	66,9	5
		keine Angabe	0,4	71	0,2	**	0,0	*	0,0	*	0,0	*	0,4	71	1,0	45	0,6	58
	Total		**58,6**	**5**	**109,9**	**3**	**72,1**	**4**	**81,0**	**3**	**82,1**	**4**	**120,7**	**2**	**524,4**	**1**	**293,9**	**2**

[1] Waldstrassen ab 3 m Breite und Befahrbarkeit für 4-achsige Fahrzeuge mit Gesamtgewicht von mindestens 28–32 t
* Schätzfehler nicht berechenbar
** Schätzfehler ≥ 100%

Im LFI wird der **Erschliessungsgrad** anhand der Schrägdistanz von der Probefläche zur nächstgelegenen lastwagenbefahrbaren Strasse und des aktuell angewendeten Holzernteverfahrens gemäss Umfrage beurteilt. Dabei werden nur jene der im LFI erhobenen Strassen berücksichtigt, die der Waldstrassendefinition des BAFU entsprechen (Kap. 2.2, Brändli *et al.* 2016). Je nach Holzernteverfahren sind andere Schrägdistanzen massgebend. Bei bodengestützten Verfahren gilt die Erschliessung bei Distanzen bis 125 m als gut, zwischen 126 und 500 m als mässig und über 500 m als schlecht. Bei seil- und luftgestützten Verfahren liegen die entsprechenden Grenzwerte für den Erschliessungsgrad bei 500 m und 1500 m (Brändli *et al.* 2016). Gemessen an diesen Vorgaben sind 36% des Schutzwaldes LFI4 gut, 31% mässig und 33% schlecht erschlossen (Tab. **229**). Je nach Schutzwaldregion variiert der Anteil der schlecht erschlossenen Schutzwälder zwischen 5% in Jura/Mittelland und 53% auf der Alpensüdseite (Abb. **230**). Hoch sind die Anteile an schlecht erschlossenem Schutzwald auch in den Regionen



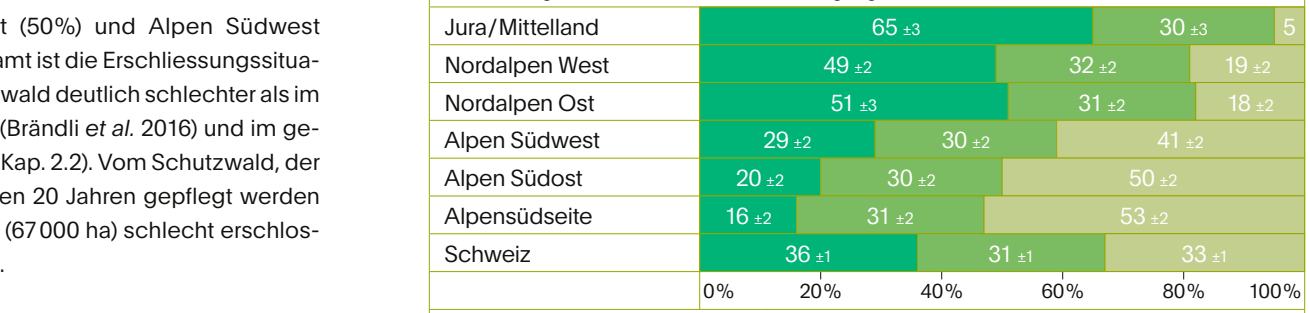
WSL/LFI4

Neuer Schutzwald entsteht unter dem Schutz von Lawinenverbauungen; Riederalp VS.

Alpen Südost (50%) und Alpen Südwest (41%). Insgesamt ist die Erschliessungssituation im Schutzwald deutlich schlechter als im übrigen Wald (Brändli *et al.* 2016) und im gesamten Wald (Kap. 2.2). Vom Schutzwald, der in den nächsten 20 Jahren gepflegt werden soll, sind 23% (67 000 ha) schlecht erschlossen (Tab. **229**).

230 **Schutzwaldfläche LFI4 nach Erschliessungsgrad[1]**

in % pro Schutzwaldregion
Auswertungseinheit: Schutzwald LFI4 im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald



[1] Erschliessungsgrad bezogen auf Waldstrassen ab 3 m Breite und Befahrbarkeit für 4-achsige Fahrzeuge mit Gesamtgewicht von mindestens 28–32 t



Für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung sind Waldeigentümer und Forstbetriebe die entscheidenden Akteure. Rund zwei Drittel des Schweizer Waldes sind öffentlich, sie gehören Gemeinden, Korporationen, Kantonen und dem Bund, ein Drittel ist Privatwald. Die Hälfte des öffentlichen Waldes steht unter dem Management von Bewirtschaftungseinheiten, die mehr als 1000 ha umfassen. Im Privatwald hingegen dominieren mit einem Anteil von 42% an der Fläche kleine Bewirtschaftungseinheiten mit weniger als 3 ha Wald. Für die Bevölkerung ist der Wald ein wichtiger Erholungsort. Sie nutzt ihn zunehmend für viele verschiedene Freizeitaktivitäten gleichzeitig. Die Intensität der Erholungsnutzung ist jedoch nur kleinräumig gross oder sehr gross. Rund ein Drittel des Schweizer Waldes wird nicht zur Erholung genutzt.

Christoph Fischer, Urs-Beat Brändli,
Barbara Allgaier Leuch, Fabrizio Cioldi

7 Sozio-ökonomie

WSL/LFI4

Im Kapitel «Sozioökonomie» richtet das LFI den Blick einerseits auf die Waldeigentümer und andererseits auf die Erholungsuchenden. Die Waldeigentümer entscheiden im Rahmen ihrer gesetzlichen Möglichkeiten darüber, wie sie ihren Wald bewirtschaften und wie sie sich hierfür organisieren. Sie sind damit die entscheidenden Akteure bei der Umsetzung der Waldpolitik 2020 (BAFU 2013a), mit der der Bund die Vision eines nachhaltig bewirtschafteten, alle Funktionen gleichwertig erfüllenden Waldes verfolgt. Das LFI erhebt Daten zu den Eigentumsverhältnissen und zur Betriebsgrösse. Daten zur Leistungsfähigkeit der Schweizer Waldwirtschaft werden dagegen im Rahmen des Testbetriebsnetzes (BFS 2019) und der Schweizerischen Forststatistik (BFS 2016b) erhoben. Aufgrund des in Art. 699 des Schweizerischen Zivilgesetzbuches (ZGB; SR 210) verankerten freien Betretungsrechts hat die Bevölkerung die Möglichkeit, den Schweizer Wald für verschiedenste Freizeitaktivitäten zu nutzen. Der Wald ist so in der Vergangenheit zu einem allseits geschätzten Erholungsort geworden. Die Bedürfnisse, die die Bevölkerung an den Wald als Erholungsort stellt, werden periodisch im Rahmen des Projekts «Waldmonitoring soziokulturell» mithilfe der Befragung von Waldbesuchenden erfasst (z. B. Hunziker *et al.* 2012). Das LFI kann dagegen Auskunft über die Art und die Intensität der Erholungsnutzung geben.

7.1 Eigentum und Bewirtschaftungseinheiten

→ **69% des Waldes in der Schweiz gehören öffentlichen Eigentümern, 31% privaten.**

→ **14% der Waldfläche, hauptsächlich im öffentlichen Wald, gehören zu Bewirtschaftungseinheiten mit mehr als 3000 ha Wald. Im LFI3 waren es noch 5%.**

→ **Auf 13% der Waldfläche, zumeist im Privatwald, sind die Bewirtschaftungseinheiten maximal 3 ha gross.**

→ **Nutzung und Mortalität machen im Privatwald 90% des Zuwachses aus, im öffentlichen Wald hingegen 83%. Die Vorräte sind damit leicht angestiegen, im Privatwald erstmals etwas weniger als im öffentlichen Wald.**

WSL/LFI4

Eigentumsverhältnisse

Der Schweizer Wald gehört einer Vielzahl von Eigentümern – rund 246000 privaten und 3400 öffentlichen (BFS 2018).

Im LFI werden die Eigentumsverhältnisse im Rahmen der Försterbefragung pro Probefläche erfasst. Die Zahl der Eigentümer lässt sich so nicht ermitteln, jedoch die Waldfläche nach Eigentumskategorie. Schweizweit sind 69% des Waldes in öffentlicher Hand (905600 ha) und 31% in privater (411000 ha; Tab. **231** und **232**). Dabei zeigen sich in den Regionen deutliche Unterschiede. Auf der Alpensüdseite gibt es mit 18% relativ wenig Privatwald, im Mittelland mit 41% und in den Voralpen mit 51% dagegen vergleichsweise viel.

Der öffentliche Wald gehört hauptsächlich Bürgergemeinden (inkl. Burger- und Ortsbürgergemeinden, Patriziati, Tagwen; 33% des Schweizer Waldes) und politischen Gemeinden (23%), aber auch Korporationen (8%), Kantonen (Staatswald; 5%) und dem Bund (1%). Der Privatwald ist mehrheitlich in der Hand von Einzeleigentümern (inkl. Erbengemeinschaften und Gemeinderschaften). Es gibt aber auch Gesellschaften wie Vereine, Genossenschaften oder Aktiengesellschaften, die Wald besitzen. Die beiden privaten Eigentumskategorien haben Anteile von 26% beziehungsweise 6% am Schweizer Wald (Tab. **231**).

231 **Waldfläche nach Eigentumskategorie**

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Wald

Eigentumskategorie	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
Bund	0,5	0,2	1,0	0,3	0,9	0,3	0,8	0,2	1,1	0,3	0,8	0,1
Kanton	7,5	0,8	7,6	0,8	6,1	0,7	2,2	0,3	2,0	0,5	4,6	0,3
politische Gemeinde	39,2	1,5	20,6	1,2	10,5	0,9	30,1	1,0	6,8	0,8	23,0	0,5
Bürgergemeinde	25,9	1,4	24,8	1,3	10,3	0,9	34,6	1,0	70,9	1,4	32,6	0,5
Korporation	1,8	0,4	5,4	0,7	21,0	1,2	7,8	0,6	0,9	0,3	7,8	0,3
öffentlicher Wald	**75,0**	**1,4**	**59,4**	**1,4**	**48,8**	**1,5**	**75,4**	**0,9**	**81,7**	**1,2**	**68,8**	**0,6**
Einzeleigentum	23,3	1,3	37,6	1,4	42,1	1,4	16,1	0,8	17,1	1,2	25,7	0,5
Gesellschaft	1,7	0,4	3,0	0,5	9,0	0,8	8,5	0,6	1,2	0,4	5,5	0,3
privater Wald	**25,0**	**1,4**	**40,6**	**1,4**	**51,2**	**1,5**	**24,6**	**0,9**	**18,3**	**1,2**	**31,2**	**0,6**
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	



Grössere Forstbetriebe verfügen in der Regel über einen Werkhof; Ermatingen TG.



Privatwaldbesitzer auf einem Waldrundgang in Wohlen AG.

Grösse der Bewirtschaftungseinheiten

Im LFI werden alle Waldflächen unter dem gleichen Management als eine Bewirtschaftungseinheit bzw. ein Forstbetrieb betrachtet. Im Privatwald umfasst eine Bewirtschaftungseinheit oftmals nur eine Parzelle. Nennt ein Waldeigentümer mehrere Parzellen sein Eigen oder haben sich mehrere Waldeigentümer zur gemeinsamen Bewirtschaftung zusammengeschlossen, werden für die Flächenermittlung alle Parzellen zusammengezählt.

14% der Waldfläche werden von Betrieben mit mehr als 3000 ha und 24% der Waldfläche von solchen mit einer Grösse von 1000–3000 ha bewirtschaftet. 30% der Waldfläche entfällt auf Betriebe der Grössenkategorie 100–1000 ha. Der Rest der Waldfläche steht unter dem Management von kleinen (3–100 ha; 19%) und sehr kleinen Einheiten (≤ 3 ha; 13%; Tab. **233**). Im Vergleich zum LFI3 (Ulmer *et al.* 2010) wird heute ein grösserer Anteil der Waldfläche von Betrieben mit mehr als 3000 ha bewirtschaftet. Die Zunahme beläuft sich auf 9 Prozentpunkte. Sie ging mehrheitlich auf Kosten der Bewirtschaftungseinheiten von 100–1000 ha Grösse. Am markantesten war die Veränderung in den Alpen, wo mittlerweile 24% der Waldfläche von Betrieben mit mehr als 3000 ha Wald bewirtschaftet werden. Diese Entwicklung ist als positiv zu beurteilen, denn die Vergrösserung der Betriebsfläche ist eine Massnahme, um die Leistungsfähigkeit und die wirtschaftliche Lage der Schweizer Forstbetriebe zu verbessern (z. B. Bürgi *et al.* 2018).

Vergleich öffentlicher und privater Wald

Der grosse Unterschied in der Anzahl Eigentümer zwischen öffentlichem und privatem Wald schlägt sich direkt auf die **Grösse der Bewirtschaftungseinheiten** nieder. 19% des öffentlichen Waldes werden durch Betriebe mit mehr als 3000 ha und weitere 34% von solchen mit einer Grösse von 1000–3000 ha bewirtschaftet. Lediglich 6% des öffentlichen Waldes stehen unter dem Management von Bewirtschaftungseinheiten unter 100 ha (Tab. **234**). Im Privatwald dagegen werden 89% des Waldes durch Einheiten von weniger als 100 ha bewirtschaftet (Grössenkategorie bis 3 ha: 42%, Grössenkategorie 3,1–100 ha: 47%). Im Privatwald gibt es aber auch vereinzelt Bewirtschaftungseinheiten mit mehr als 3000 ha Wald. Diese befinden sich grösstenteils im Kanton Wallis (nicht dargestellt).

Öffentlicher und privater Wald unterscheiden sich aber nicht nur durch die Grösse der Bewirtschaftungseinheiten, sondern auch in Bezug auf Vorrat, Zuwachs und Nutzung.

232 Waldfläche nach Eigentumskategorie

in 1000 ha pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Wald

Eigentumskategorie	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %	1000 ha	± %
Bund	1,0	45	2,3	29	2,0	32	3,5	23	2,2	30	11,0	13
Kanton	15,2	11	17,4	10	14,2	12	10,1	14	3,9	23	60,7	6
politische Gemeinde	78,9	4	47,2	6	24,4	9	139,0	3	13,0	12	302,5	2
Bürgergemeinde	52,0	5	57,1	5	23,8	9	160,0	3	136,2	2	429,0	2
Korporation	3,7	23	12,5	12	48,8	6	36,0	7	1,8	33	102,7	4
öffentlicher Wald	**150,8**	**2**	**136,5**	**2**	**113,2**	**3**	**348,4**	**2**	**157,0**	**2**	**905,9**	**1**
Einzeleigentum	46,9	6	86,4	4	97,7	4	74,4	5	32,9	7	338,3	2
Gesellschaft	3,4	24	6,9	17	20,9	9	39,2	7	2,3	30	72,7	5
privater Wald	**50,3**	**6**	**93,3**	**4**	**118,7**	**3**	**113,6**	**4**	**35,1**	**7**	**411,0**	**2**
Total	**201,1**	**1**	**229,8**	**1**	**231,9**	**1**	**462,0**	**1**	**192,1**	**1**	**1316,9**	**0**

WSL/LFI4

233 Waldfläche nach Grösse der Bewirtschaftungseinheit

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Wald

Grösse der Bewirtschaftungseinheit	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
bis 3 ha	8,0	0,8	23,3	1,2	14,3	1,0	9,6	0,6	15,3	1,1	13,4	0,4
3,1–100 ha	20,0	1,3	24,8	1,3	36,8	1,4	11,6	0,7	4,6	0,7	18,6	0,5
100,1–1000 ha	45,7	1,6	33,9	1,4	28,9	1,3	24,5	0,9	26,8	1,4	30,5	0,6
1000,1–3000 ha	23,8	1,3	12,3	1,0	13,2	1,0	30,1	0,9	36,0	1,5	23,9	0,5
über 3000 ha	2,5	0,5	5,6	0,7	6,8	0,7	24,2	0,9	17,2	1,2	13,6	0,4
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

234 **Waldfläche nach Eigentum und Grösse der Bewirtschaftungseinheit**

in %
Auswertungseinheit: Wald

Grösse der Bewirtschaftungseinheit	Eigentum					
	öffentlicher Wald		privater Wald		Total	
	%	±	%	±	%	±
bis 3 ha	0,2	0,1	42,4	1,1	13,4	0,4
3,1–100 ha	6,0	0,3	46,5	1,1	18,6	0,5
100,1–1000 ha	40,2	0,7	9,1	0,6	30,5	0,6
1000,1–3000 ha	34,3	0,7	1,1	0,2	23,9	0,5
über 3000 ha	19,3	0,6	0,9	0,2	13,6	0,4
Total	**100**		**100**		**100**	

235 **Waldfläche, Vorrat, Vorratsveränderung, Zuwachs, Nutzung und Mortalität nach Eigentum**

Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald*
bzw. zugänglicher Wald ohne Gebüschwald LFI3 / LFI4**

		Eigentum					
		öffentlicher Wald		privater Wald		Gesamt	
			± %		± %		± %
Waldfläche*	1000 ha	810,7	1	391,5	2	1202,2	1
Waldfläche*	%	67,4	±0,6	32,6	±0,6	100	
Vorrat absolut*	1000 m^3	257071	1	163841	2	420912	1
Vorrat pro ha*	m^3 / ha	317,1	1	418,5	2	350,1	1
Vorratsveränderung**	1000 m^3	9042	24	2662	77	11704	22
Vorratsveränderung**	%	3,7	±0,9	1,7	±1,3	2,9	±0,7
Zuwachs**	1000 m^3 / Jahr	6717	2	4100	3	10811	1
Zuwachs**	m^3 / ha / Jahr	8,6	2	10,8	2	9,3	1
Nutzung und Mortalität**	1000 m^3 / Jahr	5582	4	3687	5	9261	3
Nutzung und Mortalität**	m^3 / ha / Jahr	7,2	4	9,7	5	8,0	3
Nutzung**	1000 m^3 / Jahr	4520	4	3074	6	7587	3
Nutzung**	m^3 / ha / Jahr	5,8	4	8,1	6	6,5	3

Im Privatwald beläuft sich der **Vorrat** auf 419 m^3/ha. Er ist damit um 100 m^3/ha höher als im öffentlichen Wald (Tab. **235**). Auch der **Zuwachs** ist im Privatwald mit 10,8 m^3/ha und Jahr höher als im öffentlichen Wald, wo er 8,6 m^3/ha und Jahr beträgt. Die bereits in allen früheren Inventuren festgestellten höheren Werte für den Vorrat und den Zuwachs im Privatwald lassen sich unter anderem dadurch erklären, dass dieser oftmals auf produktiveren Standorten wächst (nicht dargestellt). Beispielsweise befinden sich nur 18% des Privatwalds, aber 32% des öffentlichen Waldes oberhalb von 1400 m ü. M. (nicht dargestellt). Wälder in dieser Höhenlage weisen neben niedrigeren Vorräten auch niedrigere Zuwächse auf (nicht dargestellt).

Seit dem LFI3 ist die **Nutzung** im Privatwald von 7,1 auf 8,1 m^3/ha und Jahr angestiegen. Im öffentlichen Wald hat sie dagegen von 6,2 auf 5,8 m^3/ha und Jahr abgenommen. Die Mortalität beläuft sich in den beiden Eigentumskategorien auf etwa 15% des Zuwachses oder 1,6 beziehungsweise 1,4 m^3/ha und Jahr. Insgesamt machen Nutzung und Mortalität im Privatwald 90% des Zuwachses aus. Im öffentlichen Wald sind es 83% (Tab. **235**). Damit hat der Vorrat im öffentlichen Wald erstmals stärker zugenommen als im Privatwald (Tab. **235**), wobei die Vorratszunahme insgesamt und wie bereits im LFI3 klein war (Ulmer *et al.* 2010).

7.2 Erholung

- Im Durchschnitt gibt es in der Schweiz pro Einwohner und Einwohnerin knapp 1600 m^2 Wald, dies mit grossen regionalen Unterschieden: Im Mittelland kommen auf jede Person nur rund 400 m^2 Wald, in den Alpen dagegen rund 6100 m^2.
- Rund 10% des Waldes haben eine spezielle Erholungsfunktion; auf 1,4% der Waldfläche hat die Erholungsfunktion gegenüber anderen Waldfunktionen Vorrang.
- Die Erholungsnutzung im Schweizer Wald ist nicht gleichmässig verteilt. Auf knapp 3% der Probeflächen ist die Erholungsnutzung gross bis sehr gross, auf 30% findet praktisch keine Erholungsnutzung statt.
- Auf knapp 1% der Probeflächen führt die Erholungsnutzung zu Beeinträchtigungen oder Schäden an Bestand, Krautvegetation oder Waldboden.
- Im Vergleich zum LFI3 hat die Zahl der Probeflächen ohne Erholungsnutzung abgenommen, und auf immer mehr Probeflächen sind Mehrfachnutzungen durch verschiedene Erholungsarten festzustellen. Stark zugenommen haben zudem die Erholungseinrichtungen im Wald mit hoher Besucherfrequenz. Abgenommen hat dafür die Zahl der Probeflächen mit Überbelastungen, die auf die Erholungsnutzung zurückzuführen sind.

WSL/LFI4



In den letzten Jahren wurde das Erholungsangebot im Wald vielerorts ausgebaut. Seilpark in Scuol GR.

Waldfläche pro Kopf

Wenn man den Wald in der Schweiz auf die Bevölkerung aufteilen würde, würde im Schnitt jede Einwohnerin und jeder Einwohner 1600 m^2 Wald erhalten (Tab. **236**). Regional gibt es jedoch grosse Unterschiede: Während in den Alpen jede Person 6100 m^2 bekommen würde, wären es im dicht besiedelten Mittelland nur 400 m^2. Betrachtet man nicht die gesamte Waldfläche, sondern nur den mit Waldstrassen erschlossenen und damit für die Bevölkerung einfach zugänglichen Wald, so verringert sich die Waldfläche auf 800 m^2 pro Kopf im Schweizer Durchschnitt. In den Alpen, wo die Waldstrassendichte relativ gering ist (Kap. 2, Tab. **044**), reduziert sich bei dieser Betrachtungsweise die Waldfläche pro Person deutlich stärker, nämlich von 6100 auf 1900 m^2. Im Mittelland bleibt sie dagegen bei 400 m^2 pro Person.

Seit dem LFI3 hat die Waldfläche pro Kopf im Durchschnitt über die Schweiz leicht abgenommen. Im Mittelland war die Abnahme dagegen stark. Sie reduzierte sich aufgrund des Bevölkerungswachstums von rund 1,3 Millionen Menschen innert 17 Jahren von 600 auf 400 m^2 pro Person (Tab. **236** und Ulmer *et al.* 2010). Wegen dieser Entwicklung

236 **Waldfläche pro Kopf der Bevölkerung nach Zugänglichkeit und Erschliessung**

in ha pro Person und Produktionsregion

	Jura ha/Person	Mittelland ha/Person	Voralpen ha/Person	Alpen ha/Person	Alpensüdseite ha/Person	Schweiz ha/Person
Wald	0,18	0,04	0,34	0,61	0,54	0,16
zugänglicher Wald	0,18	0,04	0,33	0,58	0,50	0,15
zugänglicher Wald ohne Gebüschwald	0,18	0,04	0,32	0,52	0,44	0,14
erschlossener[1] Wald ohne Gebüschwald	0,14	0,04	0,16	0,19	0,09	0,08
gut erschlossener[2] Wald ohne Gebüschwald	0,04	0,01	0,04	0,04	0,01	0,02
Bevölkerungszahl[3]	1 118 105	5 500 173	687 289	756 305	356 013	8 417 885

[1] Distanz zur nächsten Waldstrasse bis 200 m
[2] Distanz zur nächsten Waldstrasse bis 30 m
[3] gemäss swissBOUNDARIES3D 2018 (swisstopo)

ist anzunehmen, dass sich die Waldbesuchenden heute häufiger gegenseitig stören. Im Rahmen der zweiten Umfrage von «Waldmonitoring soziokulturell» im Jahr 2010 gaben 27% der Befragten an, dass sie sich mindestens teilweise durch andere Erholungsuchende gestört fühlten. In der ersten Umfrage im Jahr 1997 waren es mit 18% noch deutlich weniger gewesen (Hunziker *et al.* 2012). Am häufigsten gestört fühlten sich die Befragten in der zweiten Erhebung dabei durch Radfahrer- oder Mountainbikerinnen, gefolgt von Hunden (Hunziker *et al.* 2012).

Die Waldfläche pro Person gibt lediglich einen ersten Anhaltspunkt zur potenziellen Erholungsnutzung. Um die tatsächliche Erholungsnutzung in den Schweizer Wäldern genauer beschreiben zu können, werden seit dem LFI3 verschiedene spezifische Merkmale aufgenommen.

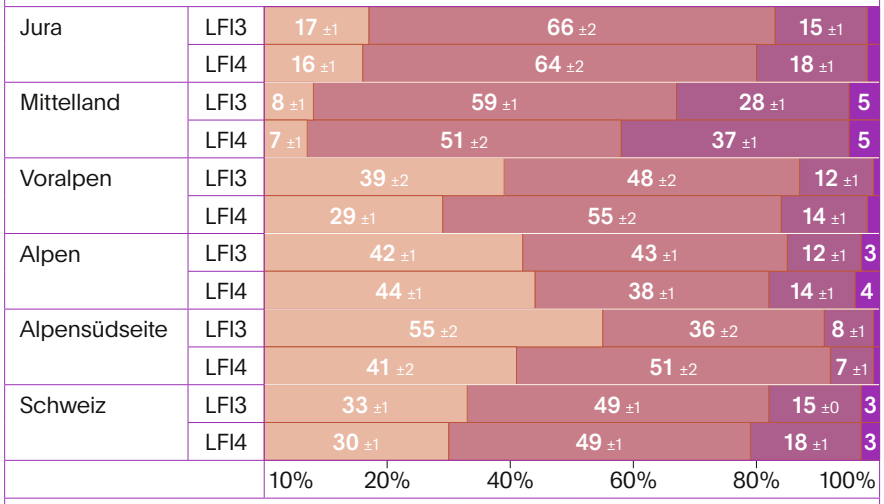
Wald mit Erholungsfunktion

Die Waldfunktionen werden im LFI im Rahmen der Umfrage bei den Revierförstern erfasst. Die Förster stützen sich bei ihren Angaben zu den Waldfunktionen auf die vorhandenen Planungsgrundlagen, zum Beispiel einen Waldentwicklungsplan. Für den Fall, dass für eine Probefläche keine Funktion ausgeschieden worden ist, erfolgt die Entscheidung gutachterlich durch den Revierförster.

10% der Schweizer Waldfläche weisen die Waldfunktion «Erholung» auf (Kap. 2, Tab. **029**) – gleich viel wie bereits im LFI3 (Cioldi *et al.* 2010). Auf 1,4% der Waldfläche hat die Erholung Vorrang vor allen anderen Waldfunktionen (Kap. 2, Tab. **030**). Im Mittelland ist dieser Anteil mit 2,9% am höchsten, im Jura sowie in den Alpen am niedrigsten (beide 0,9%). Im Vergleich zum LFI3 hat der Anteil der Waldfläche mit Vorrangfunktion Erholung um etwa einen Prozentpunkt abgenommen. Deutlich grösser war die Abnahme in den Alpen und auf der Alpensüdseite (nicht dargestellt). Sie ist darauf zurückzuführen, dass Bund und Kantone den Schutzwaldperimeter harmonisiert haben (Losey und Wehrli 2013) und sich dabei die Fläche der Vorrangfunktion Schutz vor Naturgefahren vergrössert hat (für den Kanton Graubünden siehe Wilhelm *et al.* 2011).

237 **Probeflächen nach Intensität der Erholungsnutzung**

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Wald in der jeweiligen Inventur[2]



[1] weniger als 10 Personen pro Jahr
[2] im Basisnetz (1,4-km-Netz)

Intensität, Saisonalität und Art der Erholungsnutzung

Die Informationen zu Intensität, Saisonalität und Art der Erholungsnutzung wurden ebenfalls bei den Revierförstern eingeholt. Deren Einschätzung bezieht sich auf eine Fläche mit einem Radius von 100 m um das jeweilige Probeflächenzentrum.

Beurteilt wird die **Intensität der Erholungsnutzung** mithilfe der Besucherfrequenz. Als gross bis sehr gross gilt sie, wenn die Fläche von mehr als 100 Personen pro Tag besucht wird. Dies ist lediglich bei knapp 3% der Probeflächen der Fall (Tab. **238**). Auf 51% der Probeflächen dagegen wird die Erholungsnutzung als sehr gering bis nicht vorhanden eingestuft. Regional sind die Unterschiede allerdings gross. Während im Mittelland nur auf 7% der Probeflächen keine Erholungsnutzung stattfindet, sind es auf der Alpensüdseite 41% und in den Alpen 45% der Probeflächen. Im Mittelland ist dafür – wenig überraschend – der Anteil Probeflächen mit grosser bis sehr grosser Erholungsintensität mit knapp 5% am höchsten. An zweiter Stelle folgt die Region Alpen mit einem Anteil von knapp 4%. Im Vergleich zum LFI3 hat der Anteil Probeflächen ohne Erholungsnutzung um 3 Prozentpunkte abgenommen (Abb. **237**). Auf der Alpensüdseite und in den Voralpen war die Abnahme mit –14 und –10 Prozentpunkten deutlich höher.

238 **Probeflächen nach Intensität der Erholungsnutzung**

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Wald

Intensität der Erholungsnutzung	Frequenz (Personen/Tag)	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
		%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
keine[1]	–	15,8	1,2	6,7	0,7	29,0	1,3	44,5	1,0	41,3	1,6	30,3	0,5
sehr gering	weniger als 1	27,2	1,4	14,5	1,0	24,7	1,3	16,4	0,8	26,4	1,4	20,6	0,5
gering	1–10	36,7	1,5	37,4	1,4	30,3	1,4	21,9	0,9	25,0	1,4	28,8	0,6
mässig	11–100	18,3	1,2	36,7	1,4	14,3	1,0	13,7	0,7	6,7	0,8	17,5	0,5
gross	101–500	1,7	0,4	4,3	0,6	1,5	0,4	2,4	0,3	0,6	0,3	2,2	0,2
sehr gross	über 500	0,3	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1	1,1	0,2	0,0	*	0,5	0,1
Total		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

[1] weniger als 10 Personen pro Jahr
* Schätzfehler nicht berechenbar



Wanderwege sind ein wichtiger Bestandteil der Erholungsinfrastruktur; Glarus Nord GL.

Über die Hälfte der Probeflächen (57%) werden ganzjährig zu Erholungszwecken genutzt. Auf einem weiteren wesentlichen Anteil (42%) findet die Erholungsnutzung nur während der Vegetationsperiode statt. Lediglich auf 1% der Probeflächen sind Erholungsaktivitäten ausschliesslich im Winter zu verzeichnen (Tab. **239**). Je nach Region ist die **Saisonalität der Erholungsnutzung** unterschiedlich. Die ganzjährige Erholungsnutzung ist mit einem Anteil von 91% im Mittelland mit Abstand am höchsten, es folgt der Jura mit 75%. Auf der Alpensüdseite hingegen findet die Erholungsnutzung im Wald vornehmlich (84%) während der Vegetationsperiode statt. Die Produktionsregion Alpen weist mit 2% den höchsten Anteil an Probeflächen mit einer ausschliesslichen Erholungsnutzung im Winter auf. Im Vergleich mit dem LFI3 (Ulmer *et al.* 2010) hat sich die Saisonalität der Erholungsnutzung gesamtschweizerisch wie auch in den Produktionsregionen Mittelland, Voralpen und Alpen kaum verändert. Im Jura dagegen hat der Anteil Probeflächen mit ganzjähriger Erholungsnutzung um 9 Prozentpunkte zugenommen, was unter anderem auf die Zunahme der Wintersportart Schneeschuhwandern (Tab. **240**) zurückgeführt werden kann.

Wandern, Biken und Spazieren sind die drei häufigsten **Arten der Erholungsnutzung** im Schweizer Wald. Laut den Angaben der Revierförster wird im Bereich von 52% der Probeflächen gewandert, von 39% gebikt und von 37% spaziert (Tab. **240**). Dazu kommen auf vielen Probeflächen noch weitere Erholungsarten, zum Beispiel Joggen, Reiten sowie solche, die im LFI in der Kategorie «andere Freizeitaktivitäten» zusammengefasst werden. Auf fast 50% der Probeflächen sind Aktivitäten dieser Sammelkategorie, zu der auch das Pilzesammeln oder der Orientierungslauf gehören, zu verzeichnen. Anders als in den anderen Regionen der Schweiz ist im Mittelland das Spazieren die häufigste Art

239 **Probeflächen nach Saisonalität der Erholungsnutzung**

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Wald mit Erholungsnutzung (=69,6% des Waldes)

Saisonalität der Erholungsnutzung	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
ganzjährig	74,4	1,5	90,9	0,9	55,1	1,7	36,4	1,3	16,1	1,5	57,0	0,7
Vegetationsperiode	25,2	1,5	9,0	0,9	43,9	1,7	61,6	1,3	83,9	1,5	42,2	0,7
Winter (Vegetationsruhe)	0,4	0,2	0,1	0,1	1,1	0,4	2,0	0,4	0,0	*	0,8	0,1
Total	**100**		**100**		**100**		**100**		**100**		**100**	

* Schätzfehler nicht berechenbar

240 Anteil Probeflächen nach Art der Erholungsnutzung

in % pro Produktionsregion
Auswertungseinheit: Wald

Art der Erholungsnutzung[1]	Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
keine[2]	15,8	1,2	6,7	0,7	29,0	1,3	44,5	1,0	41,3	1,6	30,3	0,5
Spazieren	57,1	1,5	81,8	1,1	29,9	1,3	19,2	0,8	12,3	1,0	36,8	0,5
Wandern	65,8	1,5	59,1	1,4	56,4	1,5	44,7	1,0	42,5	1,6	52,2	0,6
Joggen	29,9	1,4	60,2	1,4	15,5	1,1	9,6	0,6	3,5	0,6	21,7	0,5
Radfahren	14,1	1,1	30,2	1,3	8,3	0,8	4,4	0,4	4,0	0,6	11,0	0,4
Biken	56,4	1,6	68,8	1,4	38,1	1,4	26,1	0,9	14,3	1,1	38,6	0,6
Skifahren und Snowboarden	2,6	0,5	0,3	0,2	7,3	0,8	8,6	0,6	0,8	0,3	4,8	0,3
Skilanglauf	6,4	0,8	1,9	0,4	0,8	0,3	1,3	0,2	0,1	0,1	1,9	0,2
Schneeschuhwandern	16,4	1,1	4,2	0,6	19,0	1,1	11,2	0,7	2,2	0,5	10,8	0,4
Reiten	33,8	1,5	60,8	1,4	10,2	0,9	3,7	0,4	2,1	0,5	19,2	0,4
Lagern, Picknicken	5,1	0,7	11,8	0,9	3,1	0,5	1,8	0,3	2,9	0,5	4,5	0,2
andere Freizeitaktivitäten[3]	56,6	1,6	67,8	1,4	47,8	1,5	34,8	1,0	51,9	1,6	48,7	0,6

[1] auf derselben Probefläche können mehrere Arten der Erholungsnutzung vorkommen
[2] weniger als 10 Personen pro Jahr
[3] z. B. Pilzesammeln, Orientierungslauf

241 Probeflächen nach Erholungseinrichtung und Intensität der Erholungsnutzung

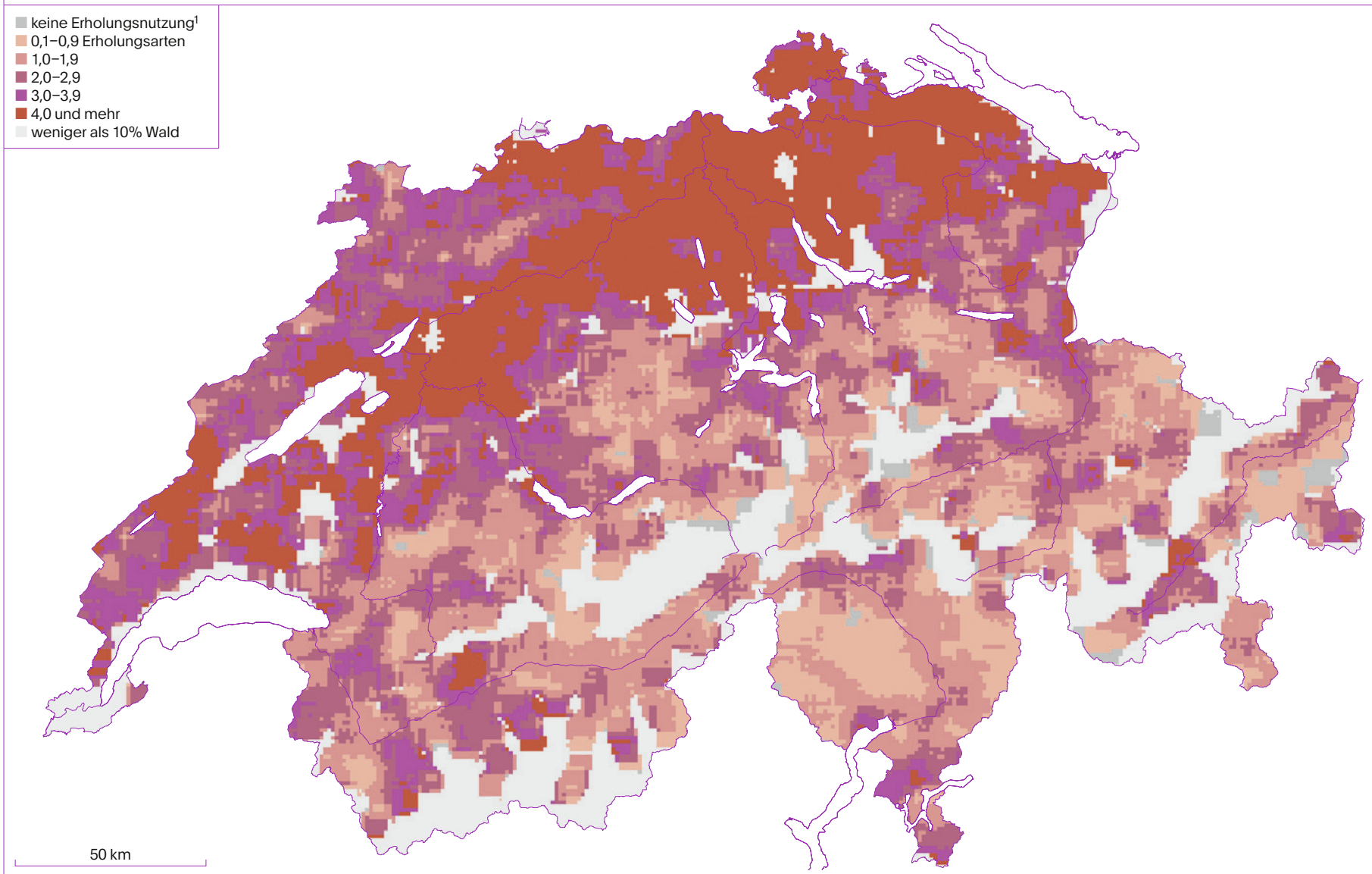
in %
Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Intensität der Erholungsnutzung	Frequenz (Personen/Tag)	Erholungseinrichtung						
		keine		Wege[1]		spezielle Einrichtungen[2]		Total
		%	±	%	±	%	±	%
keine[3]	–	94,0	0,6	5,9	0,6	0,1	0,1	100
sehr gering/gering	bis 10	62,5	0,9	36,5	0,9	1,0	0,2	100
mässig	11–100	48,3	1,5	47,3	1,5	4,4	0,6	100
gross/sehr gross	über 100	48,2	3,8	36,3	3,6	15,5	2,7	100
Gesamt		**67,7**	**0,6**	**30,5**	**0,6**	**1,8**	**0,2**	**100**

[1] Fuss-, Wander- und Radwege sowie Strassen der Klassen 4–6
[2] Bänke, Feuerstellen, Abfallkörbe, Finnenbahnen, Vita-Parcours, Skipisten, Skilifte, Bikerpisten, Reitwege
[3] weniger als 10 Personen pro Jahr

242 Anzahl Erholungsarten

Auswertungseinheit: Wald



[1] weniger als 10 Personen pro Jahr

Zur Interpretation von Karten mit gleitenden Mittelwerten siehe Kapitel 1.4

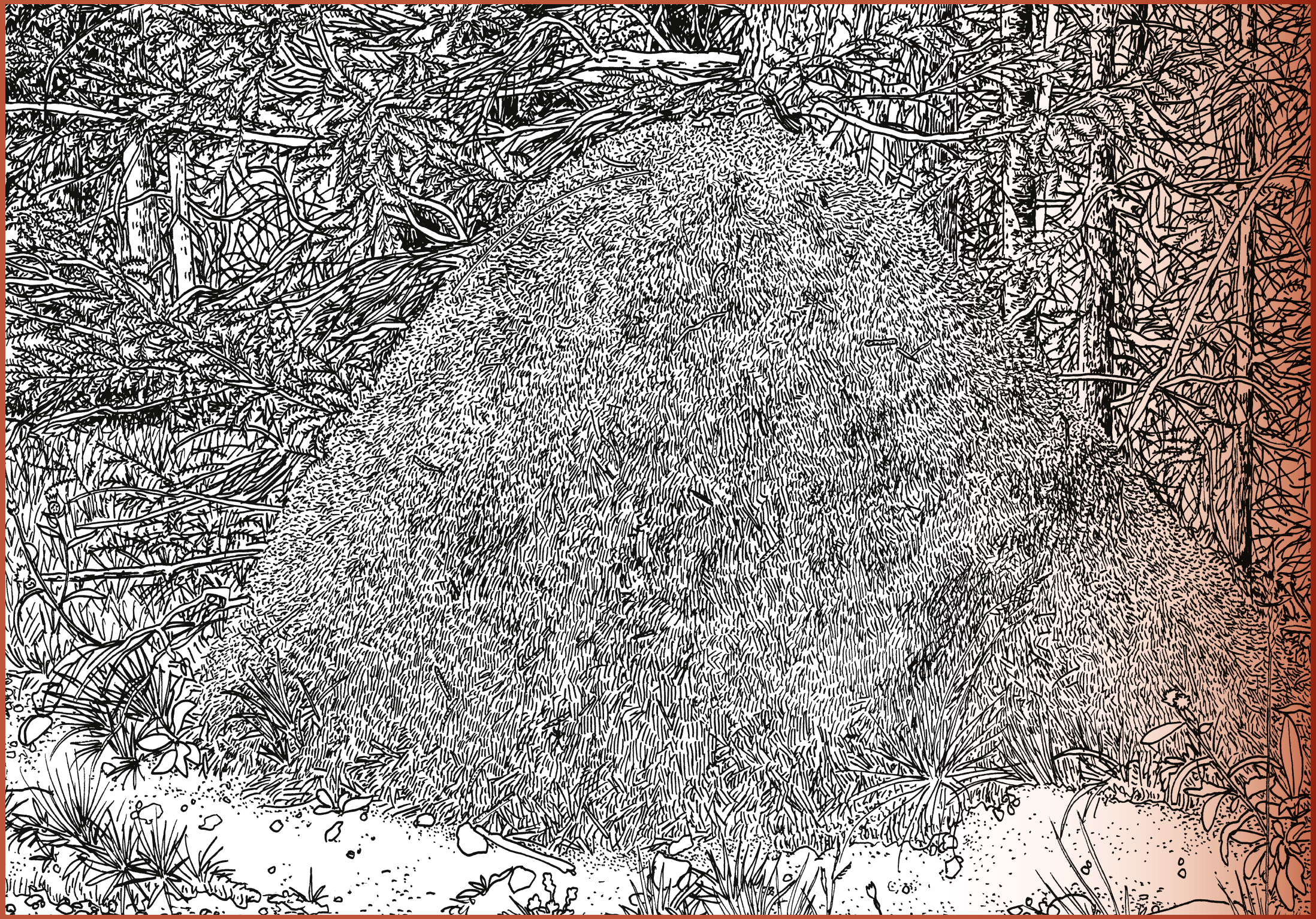
WSL/LFI4

der Erholungsnutzung. Sie findet auf 82% der Probeflächen statt. Im Mittelland wird daneben auch ein grosser Teil des Waldes zum Biken (69% der Probeflächen), Reiten (61%), Joggen (60%) und Wandern (60%) genutzt. Bei den Wintersportarten ist in der Schweiz vor allem das Schneeschuhwandern von Bedeutung. Seit dem LFI3 hat diese Aktivität stark zugenommen. Während im LFI3 (Ulmer *et al.* 2010) noch 7% der Probeflächen von Schneeschuhläufern besucht worden waren, sind es im LFI4 11%. Die Zunahme war dabei in den Produktionsregionen Jura (von 8 auf 16% der Probeflächen) und Voralpen (von 11 auf 19%) besonders stark. Zunahmen waren schweizweit aber nicht nur beim Schneeschuhwandern, sondern bei praktisch allen Arten der Erholungsnutzung festzustellen. Aktuell werden 57% der Probeflächen für mindestens zwei Erholungsarten genutzt (Abb. **242**). Auf 33% der Probeflächen sind gar mindestens vier Erholungsarten registriert. Im Jura und im Mittelland ist dieser Anteil mit 51 und 68% deutlich höher als im Rest der Schweiz, und er hat in diesen beiden Regionen seit dem LFI3 auch am stärksten zugenommen (um 18 Prozentpunkte im Jura und um 11 Prozentpunkte im Mittelland; nicht dargestellt).

Erholungseinrichtungen und Belastung

Im LFI erfassen die Aufnahmegruppen alle **Erholungseinrichtungen,** die auf der 50 × 50 m grossen Interpretationsfläche vorhanden sind. Das sind einerseits Wege, die sich für die Erholungsnutzung eignen wie Waldstrassen, Fuss- oder Radwege, und andererseits spezielle Einrichtungen wie Bänke, Feuerstellen, Seilparks oder Bikepisten. Auf 30,5% der Probeflächen kommen Wege vor, und auf 1,8% der Probeflächen sind spezielle Erholungseinrichtungen vorhanden (Tab. **241**). Im Vergleich dazu sind im Wald mit grosser bis sehr grosser Intensität der Erholungsnutzung fast zehnmal häufiger spezielle Erholungseinrichtungen anzutreffen (auf 15,5% der Probeflächen). Wege kommen dagegen nur geringfügig häufiger vor (auf 36,3% der Probeflächen; Tab. **241**). Im Wald mit Vorrangfunktion Erholung sind ähnlich häufig spezielle Erholungseinrichtungen vorhanden wie im Wald mit grosser bis sehr grosser Intensität der Erholungsnutzung (auf 15,3% der Probeflächen), Wege sind dagegen deutlich häufiger (auf 49,0% der Probeflächen; nicht dargestellt). In den vergangenen Jahren ist viel in die Infrastruktur für die Erholungsuchenden investiert worden. So sind im LFI4 auf 1,3-mal so vielen Probeflächen spezielle Erholungseinrichtungen vorhanden wie im LFI3 (nicht dargestellt). Errichtet worden sind diese Einrichtungen sehr gezielt im Wald mit grosser bis sehr grosser Intensität der Erholungsnutzung. Hier hat sich der Anteil Probeflächen mit speziellen Erholungseinrichtungen verdoppelt, während er in den Wäldern mit mässiger oder geringer Intensität der Erholungsnutzung unverändert blieb.

Im LFI wird auch erfasst, auf welchen Probeflächen die Erholungsnutzung zu erheblichen Schäden an den Bäumen (z. B. freigelegte Holzkörper) und der Bodenvegetation führt. Schweizweit ist das auf 0,8% der Probeflächen der Fall (Kap. 3, Tab. **105**). Im Mittelland ist dieser Anteil doppelt so hoch. Im Vergleich zum LFI3 (1,3%; Schwyzer *et al.* 2010) gibt es im LFI4 (0,8%) weniger Probeflächen, welche eine Erholungsüberbelastung aufweisen, dies trotz der gestiegenen Nutzung des Waldes zu Erholungszwecken.



Das Landesforstinventar ist ein wichtiges Instrument zur Kontrolle der Nachhaltigkeit im Wald auf nationaler und internationaler Ebene. Die Entwicklung im letzten Jahrzehnt zeigt: Das Waldmanagement wurde in der Schweiz in vielen Bereichen noch nachhaltiger und ist auch im europäischen Vergleich auf einem hohen Stand.

8 LFI-Bilanz zur Nachhaltigkeit

Barbara Allgaier Leuch, Meinrad Abegg, Urs-Beat Brändli

Der Begriff «Nachhaltigkeit» geht auf Hans Carl von Carlowitz zurück, der 1713 in seinem Buch «Sylvicultura Oeconomica» eine «continuierliche beständige und nachhaltende Nutzung» des Holzes postulierte. In der Schweiz wurde diese Idee in den Forstpolizeigesetzen von 1876 und 1902 verankert. Bereits früh im 20. Jahrhundert wurde die Nachhaltigkeit dann nicht mehr nur auf die Holzproduktion bezogen, sondern umfassender verstanden. Daher war auch bei der Vorbereitung des LFI1 vorgesehen, die Entwicklung des Waldes hinsichtlich seiner ökonomischen, ökologischen und sozialen Funktionen zu beobachten (Kurt 1967; Wullschleger 1982).

1987 wurde das Konzept der Nachhaltigkeit vom Wald auf die gesamtgesellschaftliche Entwicklung übertragen. Unter nachhaltiger Entwicklung verstand die Kommission für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen (UNO) eine «Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können» (WCED 1987). Dieses breit gefasste Verständnis von Nachhaltigkeit fand seinen Niederschlag in der Walddeklaration, die an der UNO-Konferenz von Rio im Jahr 1992 verabschiedet wurde. Mit ihrer Unterzeichnung bekannte sich die Schweiz auf internationaler Ebene zu einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung. Im Jahr davor verabschiedeten die eidgenössischen Räte das heutige Bundesgesetz über den Wald (WaG) mit dem erstmals ausdrücklich formulierten Grundsatz, dass der Wald so zu bewirtschaften ist, dass er seine Funktionen dauernd und uneingeschränkt erfüllen kann. In diesem Gesetz bekamen der Bund und die Kantone zudem die Aufgabe zugewiesen, periodisch über den Zustand und die Entwicklung des Waldes Bericht zu erstatten.

Auch im Rahmen verschiedener Ministerkonferenzen zum Schutz der Wälder in Europa (engl. «Ministerial Conferences on the Protection of Forests in Europe» [MCPFE]; heute «Forest Europe») verpflichtete sich die Schweiz, ihre Wälder nachhaltig zu bewirtschaften und über das Erreichte regelmässig zu berichten. Für die Beurteilung der Nachhaltigkeit wurden von Experten die sogenannten paneuropäischen Kriterien und Indikatoren entwickelt (MCPFE 1998). Diese wurden bislang zweimal verbessert bzw. aufdatiert (MCPFE 2002; Forest Europe 2015a). Dem vorliegenden Ergebnisbericht liegt – wegen des jüngsten Berichts über den Zustand der Wälder in Europa (Forest Europe 2015b) – noch das Indikatorenset von 2002 (MCPFE 2002) zugrunde. Es besteht (neben 10 qualitativen) aus 35 quantitativen Indikatoren, die jeweils einem der insgesamt sechs Kriterien zugeordnet sind (Tab. **243**).

Die Kriterien und Indikatoren von Forest Europe sind international und national akzeptiert. An ihnen orientieren sich das LFI, die Waldbeobachtung Schweiz (Rigling und Schaffer 2015: 16–19) sowie die nationale und die kantonale Waldberichterstattung (BUWAL und WSL 2005; Rigling und Schaffer 2015; BUWAL 2003; Rosset *et al.* 2012).

Das LFI ist das wichtigste Instrument, um die Nachhaltigkeit im Wald auf Bundesebene zu beurteilen. Es deckt aber nicht alle Bereiche ab (siehe Tab. **243**). Umfassende Informationen liefert es zu den Waldressourcen, zur Holzproduktion, zum Schutz vor Naturgefahren und zur Eignung des Waldes als Lebensraum für Tiere und Pflanzen (Brändli *et al.* 2007). Für die Beurteilung der sozioökonomischen Funktionen des Waldes, der Waldgesundheit und der Biodiversität müssen dagegen weitere Informationsquellen beigezogen werden, zum Beispiel die Forststatistik, das Waldmonitoring soziokulturell (WaMos), die Walddauerbeobachtung von Bund (LWF) und verschiedenen Kantonen (IAP) oder das Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM). Die vollständige Liste der Informationsquellen findet sich im Waldbericht 2015 (Rigling und Schaffer 2015).

Das Kapitel 8 macht Aussagen zu den Indikatoren von Forest Europe (MCPFE 2002), soweit sie im LFI erhoben werden. Dabei ist wichtig zu wissen, dass aus Gründen der Übersichtlichkeit sowohl hier als auch in der europäischen Berichterstattung (Forest Europe 2015b) jeder Indikator nur einem Kriterium (Thema) zugeordnet ist und damit in

der Regel nur aus dieser Perspektive interpretiert wird, obschon viele Indikatoren auch im Kontext anderer Kriterien gedeutet werden könnten.

Das Indikatorenset von Forest Europe (MCPFE 2002) weist in für die Schweiz wichtigen Bereichen gewisse Lücken auf. Deshalb orientiert sich das LFI mit seinen Indikatoren auch an nationalen Gesetzen, Politiken (z. B. BAFU 2013a) und Wegleitungen (z. B. Frehner *et al.* 2005). Zudem werden einige Indikatoren mit spezifischen LFI-Indikatoren ergänzt (z. B. vertiefende Subindikatoren zu Baumschäden) oder zu einem Gesamturteil aggregiert (z. B. Biotopwert). Diese zusätzlichen Indikatoren wurden wie folgt ausgewählt: 1. mussten sie bezüglich Nachhaltigkeit aussagekräftig sein, 2. mussten sie auf möglichst reproduzierbaren Daten und 3. auf möglichst langen Datenreihen beruhen, und 4. mussten sie einander in der Aussage ergänzen. Ob ein Indikator ein paneuropäischer Indikator (MCPFE 2002), ein zusätzlicher nationaler Indikator oder ein ergänzender LFI-Indikator ist, wird in Tabelle **244** ausgewiesen.

Indikatoren sollen es erlauben, die Nachhaltigkeit von Waldleistungen und Waldmanagement möglichst aussagekräftig zu bewerten. Bei den meisten Indikatoren existieren allerdings keine anerkannten Sollwerte, an denen der aktuelle Zustand gemessen werden könnte. Dagegen lässt sich bei den meisten Indikatoren leicht beurteilen, ob der Entwicklungstrend hinsichtlich Nachhaltigkeit günstig oder ungünstig ist. Solche Trends werden daher bei allen Indikatoren aufgezeigt, zu denen verlässliche Informationen aus vorangehenden Inventuren vorliegen, und es wird dargestellt, ob eine Zunahme oder eine Abnahme aus der Perspektive der Nachhaltigkeit erwünscht ist (Tab. **244**). Dies stellt eine Bewertung im Sinn des übergeordneten Kriteriums dar. Wie bedeutend diese Trends aber sind und wo sich daraus allenfalls ein politischer Handlungsbedarf ergibt, wird hier nicht beurteilt, denn die waldpolitische Interpretation der LFI-Resultate ist Aufgabe des Bundesamtes für Umwelt (BAFU).

Im Kapitel 8.1 wird gestützt auf die Daten des LFI und mithilfe der Indikatoren zu den sechs Kriterien von Forest Europe (MCPFE 2002) Bilanz zur Nachhaltigkeit im Schweizer Wald gezogen. Dabei wird zuerst das Kriterium erläutert. Anschliessend werden die LFI-Ergebnisse einerseits zusammenfassend pro Kriterium und andererseits pro Indikator gewertet. Bei jedem Indikator werden die Entwicklungen in der längstmöglichen Zeitreihe dargestellt (Tab. **244**). Bei manchen Indikatoren reicht diese bis zum LFI1 zurück, bei anderen aber nur bis zum LFI3, je nachdem, wann das entsprechende Merkmal eingeführt wurde. Wegen der unterschiedlichen Netz- und Probeflächenwahl können die hier präsentierten Werte von den Angaben in den Kapiteln 2 bis 7 sowie von den in den früheren Ergebnisberichten publizierten Werten abweichen. Die Richtung der Trends ist aber identisch. Die meisten Aussagen in Kapitel 8.1 beziehen sich auf den zugänglichen Wald ohne Gebüschwald, d. h. auf 91 % des Schweizer Waldes (Kap. 1, Tab. **011**).

Im Kapitel 8.2 wird die Schweiz anhand ausgewählter Indikatoren mit Nachbarländern und bei ausreichender Datengrundlage auch mit Europa, bestehend aus den Unterzeichnerstaaten von Forest Europe ausser Russland, verglichen. Grundlage für diesen Vergleich bilden der Bericht über den Zustand der Wälder in Europa aus dem Jahr 2015 (Forest Europe 2015b) für die europäischen Länder sowie die Daten des LFI4 für die Schweiz.

243 **Die quantitativen Indikatoren von Forest Europe (MCPFE 2002) sowie die entsprechenden Buchkapitel (mit ergänzenden Indikatoren)**

Kriterien und Indikatoren von Forest Europe		Buchkapitel		Seite
Kriterium 1				
Erhaltung und angemessene Verbesserung der Waldressourcen und von ihrem Beitrag zu globalen Kohlenstoffkreisläufen		**2**	**Waldressourcen**	
1.1	Waldfläche	2.1	Waldfläche und Waldfunktionen	37
		2.2	Standort und Erschliessung	53
1.2	Holzvorrat	2.3	Holzvorrat, Stammzahl und Baumarten	70
1.3	Altersstruktur und/oder Durchmesserverteilung	2.4	Waldtypen, Struktur und Altersaufbau	94
1.4	Kohlenstoffvorrat	2.5	Biomasse und Kohlenstoffvorrat	116
Kriterium 2				
Erhaltung der Gesundheit und Vitalität von Waldökosystemen		**3**	**Gesundheit und Vitalität**	
2.1	Deposition von Luftschadstoffen		–	
2.2	Bodenzustand	3.1	Bodenzustand	123
2.3	Nadel-/Blattverlust	3.2	Baumschäden	127
2.4	Waldschäden	3.3	Waldschäden	138
		3.4	Zwangsnutzungen	140
		3.5	Stabilität	143
Kriterium 3				
Erhaltung und Stärkung der produktiven Funktionen des Waldes (Holz und Nichtholz)		**4**	**Holzproduktion**	
3.1	Zuwachs und Nutzung	4.4	Zuwachs, Nutzung und Mortalität	172
3.2	Rundholz	4.5	Rundholzsortimente und Derbholznutzung	183
3.3	Nichtholzprodukte		–	
3.4	Dienstleistungen		–	
3.5	Wälder mit Bewirtschaftungsplänen	4.1	Planung und Zertifizierung	149
		4.2	Waldbewirtschaftung	154
		4.3	Holzernte	164

243 Fortsetzung

Kriterien und Indikatoren von Forest Europe		Buchkapitel		Seite
Kriterium 4				
Erhaltung, Schutz und angemessene Verbesserung der biologischen Vielfalt in Waldökosystemen		**5**	**Biologische Vielfalt**	
4.1	Baumartenzusammensetzung	5.1	Baumartenvielfalt	191
4.2	Verjüngung	5.3	Verjüngung	207
4.3	Natürlichkeit	5.6	Naturnähe und Biotopwert	225
4.4	Eingeführte Baumarten	5.4	Eingeführte Baumarten	212
4.5	Totholz	5.5	Totholz	217
4.6	Genetische Ressourcen		–	
4.7	Landschaftsmuster		–	
4.8	Gefährdete Waldarten		–	
4.9	Geschützte Wälder	5.7	Geschützte Wälder	232
		5.2	Strukturvielfalt	196
Kriterium 5				
Erhaltung und angemessene Verbesserung der Schutzfunktionen in der Waldbewirtschaftung (insbesondere Boden und Wasser)		**6**	**Schutzwald**	
5.1	Schutzwälder – Boden, Wasser und andere Ökosystemfunktionen	6.1	Trinkwasserschutz	241
5.2	Schutzwälder – Infrastruktur und bewirtschaftete natürliche Ressourcen	6.2	Schutz vor Naturgefahren	246
Kriterium 6				
Erhaltung anderer sozioökonomischer Funktionen und Bedingungen		**7**	**Sozioökonomie**	
6.1	Forstbetriebe	7.1	Eigentum und Bewirtschaftungseinheiten	267
6.2	Beitrag des Waldsektors zum Bruttoinlandprodukt (BIP)		–	
6.3	Nettoerlös		–	
6.4	Ausgaben für Dienstleistungen		–	
6.5	Arbeitnehmer im Waldsektor		–	
6.6	Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz		–	
6.7	Holzverbrauch		–	
6.8	Holzhandel		–	
6.9	Holzenergie		–	
6.10	Betretungsrecht zu Erholungszwecken	7.2	Erholung	271
6.11	Kulturelle und spirituelle Werte		–	

WSL/LFI4

244 Trends von Indikatoren zur Nachhaltigkeit im Schweizer Wald

in %/Jahr
Auswertungseinheit: Gesamtfläche oder gemeinsamer Wald der Inventuren, für die der jeweilige Indikator verfügbar ist

Indikatortyp
A internationaler Indikator (MCPFE 2002)
B nationaler Indikator (beruhend auf nationalen Gesetzen, Verordnungen, Politiken oder Wegleitungen)
C LFI-Indikator

Interpretation
P Zunahme wird als positiv beurteilt
P* Bei aktueller Unternutzung wird Zunahme als positiv beurteilt
N Zunahme wird als negativ beurteilt

Trends
fett Wert signifikant
(…) Wert aus methodischen Gründen nicht gesichert
kursiv Wert zeigt den Trend LFI2–LFI4

Bewertung des Trends
● Trend wird als positiv beurteilt
● nicht bewertbar, Trend nicht signifikant
● Trend wird als negativ beurteilt

Kriterium	Indikator				Schweiz				Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüdseite
	Nummer	Typ	Name	Interpretation	LFI1–LFI2	LFI2–LFI3	LFI3–LFI4		LFI3–LFI4				
					%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	Bewertung	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr
1	1.1.1	B	Waldfläche (inkl. Gebüschwald)	P	**0,33**	**0,43**	**0,30**	●	0,05	0,02	**0,24**	**0,62**	**0,27**
	1.1.2	C	Bewaldungsprozent (inkl. Gebüschwald) bezüglich Gesamtfläche	P	**0,33**	**0,43**	**0,30**	●	0,05	0,02	**0,24**	**0,62**	**0,27**
	1.1.3	A	Waldfläche ohne Gebüschwald	P	**0,33**	**0,39**	**0,28**	●	0,05	0,01	**0,22**	**0,56**	**0,41**
	1.1.4	A	Gebüschwaldfläche	P	0,16	**1,03**	**0,61**	●	0,00	0,00	1,57	**1,14**	**–0,75**
	1.2.1	A	Holzvorrat (Lebendvorrat im Wald der jeweiligen Inventur)	P	**1,00**	**0,22**	**0,42**	●	0,32	**–0,50**	0,25	**1,11**	**1,63**
	1.3.1	A	Anteil Jungbestände (Alter ≤60 Jahre) im gleichaltrigen Wald	P	**–0,26**	**0,16**	**0,62**	●	**0,33**	**0,83**	**1,01**	**0,57**	–0,17
	1.4.1	A	Kohlenstoffvorrat	P			**0,48**	●	0,33	–0,29	0,28	**1,09**	**1,50**
2	2.2.1	C	Probeflächen mit aktuell intensiver Beweidung	N		**–1,52**	**1,11**	●	**3,76**	1,31	**–2,98**	**3,18**	**–4,26**
	2.2.2	C	Probeflächen mit Deponien waldfremder Materialien	N		**–1,79**	–1,30	●	**–3,80**	–0,09	–1,53	–2,67	1,21
	2.2.3	C	Probeflächen mit intensiver Erholungsbelastung	N		**12,44**	**–5,51**	●	**–9,25**	**–2,66**	**–5,78**	**–5,77**	49,80
	2.2.4	B	Anteil der Fahrspuren ausserhalb von Rückegassen oder Maschinenwegen	N			**–4,07**	●	–3,58	**–4,19**	–4,57		
	2.3.1	C	Verbissintensität (Vorjahresverbiss) alle Arten	N			*(–1,09)*	●	*(–1,32)*	*(–1,71)*	*(–1,44)*	*0,00*	***3,12***
	2.3.2	C	Verbissintensität (Vorjahresverbiss) Tanne	N			***2,93***	●	*(–0,33)*	***4,43***	***4,00***	*3,79*	*(–4,02)*
	2.3.3	C	Bäume ohne erkennbare Schäden	P		**–0,10**	0,01	●	–0,13	**–0,43**	0,13	**0,45**	**–0,27**
	2.3.4	C	Tote Bäume	N		**5,09**	**2,32**	●	**3,88**	**1,38**	**0,91**	**2,39**	**3,98**
	2.3.5	C	Tote und sehr stark geschädigte Bäume	N		**3,78**	**1,97**	●	**2,65**	**0,80**	**0,73**	**2,02**	**4,04**
	2.3.6	C	Bäume mit Holzernteschäden	N		**–4,74**	**–2,37**	●	**–1,80**	**–4,22**	–0,34	–0,79	–2,34

244 **Fortsetzung**

Kriterium	Indikator				Schweiz				Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüdseite
	Nummer	Typ	Name	Interpretation	LFI1–LFI2	LFI2–LFI3	LFI3–LFI4		LFI3–LFI4				
					%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	Bewertung	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr
2	2.4.1	A	Waldfläche mit stark bis sehr stark geschädigten Beständen	N		**4,55**	**0,97**	●	–1,76	**2,82**	–0,55	0,39	**5,28**
	2.4.2	C	Waldfläche mit Zwangsnutzungen	N		0,16	**–6,19**	●	**–4,59**	**–5,99**	**–7,88**	**–6,27**	4,17
	2.4.3	C	Bestände mit kritischer Stabilität	N	**1,76**	**–2,09**	–0,88	●	**–8,29**	**–7,30**	0,42	**7,19**	**19,09**
3	3.1.1	A	Holzzuwachs	P		**–0,71**	**1,27**	●	**1,59**	0,14	–0,01	**1,95**	**3,02**
	3.1.2	C	Holzzuwachs pro Hektare	P		**–0,71**	**1,27**	●	**1,59**	0,14	–0,01	**1,95**	**3,02**
	3.1.3	A	Nutzung	P			0,80	●	0,51	–0,68	0,49	–0,32	**8,25**
	3.1.4	A/C	Anteil von Nutzung und Mortalität am Zuwachs	P*		**2,79**	**–0,87**	●	–0,92	**–1,15**	–1,15	–0,89	**4,06**
	3.1.5	C	Erschliessungsdichte mit Lastwagenstrassen (Breite ≥ 2,5 m)	P			**0,06**	●	**0,01**	**0,00**	**0,08**	**0,36**	**–0,10**
	3.1.6	C	Waldfläche mit waldbaulichen Eingriffen in den letzten 10 Jahren	P	**–1,68**	**0,62**	**–0,67**	●	–0,20	**–0,26**	**–1,44**	**–1,36**	0,91
	3.5.1	A	Waldfläche mit kantonalem oder lokalem forstlichem Plan	P			**3,05**	●	**0,59**	**3,36**	**2,82**	**–0,21**	**48,87**
	3.5.2	C	Waldfläche mit lokalem forstlichem Plan	P		**–0,63**	**0,45**	●	**0,21**	**0,82**	0,32	–0,16	**5,71**
	3.5.3	B	Waldfläche mit kantonalem forstlichem Plan	P			**8,58**	●	**4,21**	**7,30**	**6,19**	**3,07**	**244,95**
	3.5.4	C	Waldfläche mit Zertifizierung	P			**1,33**	●	**2,91**	**1,52**	**1,90**	**0,51**	**–11,33**
4	4.1.1	A	Probeflächen mit mehr als einer Baumart (> 12 cm BHD)	P	**0,33**	**0,16**	**0,19**	●	0,09	0,00	**0,20**	**0,47**	0,19
	4.1.2	A	Waldfläche mit 4 und mehr Baumarten in der Oberschicht	P			**3,55**	●	**4,49**	**3,83**	**3,68**	**2,62**	**1,90**
	4.1.3	C	Waldränder mit mehr als 10 Gehölzarten	P		0,19	0,55	●	0,67	0,38	1,00	–1,03	2,50
	4.1.4	C	Bestandesdichteindex	N	**0,44**	**0,14**	0,03	●	**–0,16**	**–0,57**	–0,06	**0,45**	**0,61**

244 **Fortsetzung**

in %/Jahr
Auswertungseinheit: Gesamtfläche oder gemeinsamer Wald der Inventuren, für die der jeweilige Indikator verfügbar ist

Indikatortyp
A internationaler Indikator (MCPFE 2002)
B nationaler Indikator (beruhend auf nationalen Gesetzen, Verordnungen, Politiken oder Wegleitungen)
C LFI-Indikator

Interpretation
P Zunahme wird als positiv beurteilt
P* Bei aktueller Unternutzung wird Zunahme als positiv beurteilt
N Zunahme wird als negativ beurteilt

Trends
fett Wert signifikant
(…) Wert aus methodischen Gründen nicht gesichert
kursiv Wert zeigt den Trend LFI2–LFI4

Bewertung des Trends
● Trend wird als positiv beurteilt
● nicht bewertbar, Trend nicht signifikant
● Trend wird als negativ beurteilt

Kriterium	Indikator				Schweiz				Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüdseite
	Nummer	Typ	Name	Interpretation	LFI1–LFI2	LFI2–LFI3	LFI3–LFI4		LFI3–LFI4				
					%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	Bewertung	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr
4	4.2.1	A	Reine Naturverjüngung in Verjüngungsbeständen	P		**1,21**	–0,10	●	0,13	**–1,13**	0,43	**0,36**	–0,02
	4.2.2	A	Reine Pflanzungen in Verjüngungsbeständen	N		**–6,94**	6,76	●	13,09	0,11	17,80	1,55	0,00
	4.2.3	C	Reine Naturverjüngung in Jungwüchsen/Dickungen	P	**0,96**	**2,52**	0,13	●	1,01	**–1,88**	1,39	**1,08**	0,87
	4.3.1	C	Waldfläche ohne forstliche Eingriffe seit über 50 Jahren	P	**0,48**	**2,41**	**0,96**	●	**5,46**	2,04	0,54	**1,05**	**0,33**
	4.3.2	A	Waldfläche der Plantagen	N	–2,29	0,29	–3,14	●	0,00	–0,71	0,00	**–8,24**	0,00
	4.3.3	B	Waldfläche mit naturnahem Nadelholzanteil im Laubwaldareal	P	0,38	**0,48**	0,11	●	–0,17	0,48	0,35	0,09	–0,12
	4.3.4	C	Starkholzbestände (BHD_{dom} >50 cm)	P	**2,69**	**1,77**	**0,74**	●	**1,18**	0,13	**0,60**	**0,49**	**2,85**
	4.3.5	B	Anzahl Giganten (Bäume mit BHD >80 cm)	P	**3,40**	**3,51**	**3,36**	●	1,82	**8,04**	**3,25**	**2,99**	**2,07**
	4.3.6	C	Waldränder mit hoher Strukturvielfalt (ohne Krautsaum)	P		0,16	–0,26	●	–0,28	0,13	–0,35	–0,43	**–1,61**
	4.3.7	C	Waldfläche mit mittlerem bis hohem Biotopwert	P		**0,65**	**0,23**	●	**0,43**	**0,77**	0,12	–0,04	–0,08
	4.4.1	A	Waldfläche dominiert von eingeführten Baumarten	N	1,37	**2,87**	–0,01	●	–1,01	1,39	0,00	**–6,08**	4,71
	4.5.1	A	Totholzvolumen stehend und liegend	P		**9,17**	**2,27**	●	**4,66**	**1,62**	0,53	**2,63**	**4,30**
	4.5.2	B	Totholzvolumen stehend	P	**10,17**	**13,22**	**4,43**	●	**13,94**	**3,92**	**1,30**	**3,96**	**11,03**
	4.9.1	A	Waldfläche mit Vorrangfunktion Naturschutz	P			**2,15**	●	0,01	1,47	1,70	**6,67**	–0,45
	4.9.2	C	Waldfläche mit Vorrangfunktion Landschafts- oder Wildschutz	P			**–4,55**	●	**–6,30**	0,93	–2,75	**–4,21**	**–7,13**

244 Fortsetzung

Kriterium	Indikator				Schweiz				Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüdseite
	Nummer	Typ	Name	Interpretation	LFI1–LFI2	LFI2–LFI3	LFI3–LFI4		LFI3–LFI4				
					%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	Bewertung	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr
5	5.1.1	A	Waldfläche in Grundwasserschutzzonen	P	**0,48**	**0,33**	**0,27**	●	0,00	0,00	0,38	**0,98**	0,20
	5.1.3	C	Reine Nadelholzbestände in Grundwasserschutzzonen	N	**–0,58**	**–0,54**	**–0,65**	●	–0,36	**–2,48**	**–1,70**	0,00	**–0,53**
	5.2.1	A	Waldfläche im Schutzwaldperimeter	P	**0,27**	**0,23**	0,00	●	–0,07	0,00	**–0,13**	**0,07**	0,00
	5.2.2	B	Schutzwald LFI4 mit genügender Bestandesdichte	P	**0,39**	**0,48**	**0,17**	●	0,15	–0,51	–0,16	**0,22**	**0,68**
	5.2.3	B	Schutzwald LFI4 ohne kritische Lücken (≥600 m^2)	P			**0,27**	●	0,30	**0,67**	–0,12	**0,49**	0,20
	5.2.4	C	Schutzwald LFI4 mit stabilen und vermindert stabilen Beständen	P	0,04	**0,49**	**–0,21**	●	**0,50**	**0,44**	0,09	**–0,44**	**–0,53**
	5.2.5	B	Schutzwald LFI4 mit mehr als 10% Verjüngung	P	**0,34**	**0,46**	**–1,68**	●	0,34	–0,39	**–0,57**	**–2,07**	**–3,97**
	5.2.6	C	Schutzwald LFI4 mit Zwangsnutzungen in den letzten 10 Jahren	N		**–1,27**	**–6,32**	●	**–4,72**	**–4,58**	**–8,16**	**–5,24**	1,56
	5.2.7	C	Schutzwald LFI4 mit Transportdistanz bis 500 m (Schrägdistanz)	P		**0,25**	**0,11**	●	0,00	**–0,34**	**–0,17**	**0,51**	–0,26
	5.2.8	C	Schutzwald LFI4 mit waldbaulichem Eingriff in den letzten 10 Jahren	P	**–1,81**	**0,48**	**–0,79**	●	–0,49	0,22	**–1,55**	**–0,91**	**2,34**
6	6.1.1	A	Privatwald	P		0,06	0,08	●	0,04	–0,08	**0,26**	**0,38**	**–0,70**
	6.1.2	A	Waldfläche der Bewirtschaftungseinheiten bis 3 ha	N			**–1,46**	●	**–2,91**	–0,26	**–1,87**	**–2,16**	**–1,16**
	6.1.3	C	Waldfläche der Bewirtschaftungseinheiten über 3000 ha	P			**22,47**	●	253,81	**21,37**	**3,29**	**81,11**	0,05
	6.10.1	A	Waldfläche mit Vorrangfunktion Erholung	P			**–4,98**	●	–4,98	–1,83	–1,71	**–7,60**	**–8,04**
	6.10.2	A	Waldfläche pro Kopf der Bevölkerung	P		**–0,09**	**–1,42**	●	0,03	**–2,83**	**5,59**	**–0,55**	**–1,20**
	6.10.3	C	Erschlossene Waldfläche pro Kopf der Bevölkerung	P		**–0,20**	**–1,66**	●	–0,19	**–2,90**	**5,00**	–0,51	**–1,91**

WSL/LFI4

8.1 Nachhaltigkeit im Schweizer Wald

Die Nachhaltigkeit im Schweizer Wald wird mit den nach sechs Kriterien (Themen) gegliederten Indikatoren von Forest Europe (MCPFE 2002) beurteilt, soweit das LFI zu diesen aussagekräftige Informationen liefern kann. Zum Teil werden diese paneuropäischen Indikatoren mit schweizerischen Indikatoren ergänzt. Das Fazit daraus: Viele Entwicklungen zeigen in die erwünschte Richtung.

Die Waldressourcen (Waldfläche, Holzvorrat, Kohlenstoffvorrat) nahmen in der Schweiz vom LFI3 zum LFI4 weiter zu. Im Mittelland nahm der Vorrat jedoch nochmals ab.

In Bezug auf Gesundheit und Vitalität des Waldes zeigen sich gegenläufige Entwicklungen: Die Waldfläche mit Zwangsnutzungen ging stark zurück, dagegen nahmen die Waldfläche mit stark geschädigten Bäumen sowie die Zahl der toten Bäume nochmals zu. Zudem nahm bei der Tanne der Gipfeltriebverbiss durch Schalenwild stark zu.

Bei der Holzproduktion ist das Bild facettenreich. Der Holzzuwachs erhöhte sich nach dem sturmbedingten Einbruch zwischen LFI2 und LFI3 wieder. Die Nutzung blieb auf der Ebene der Schweiz konstant bzw. nahm tendenziell gar zu. In den Alpen und auf der Alpensüdseite lagen die Nutzungen allerdings deutlich unter und im Mittelland etwas über dem Zuwachs. Die Waldfläche mit einem waldbaulichen Eingriff in den letzten zehn Jahren ging in fast allen Produktionsregionen zurück. Die Waldstrassendichte blieb nahezu unverändert. Nur knapp die Hälfte des Schweizer Waldes kann als gut erschlossen gelten.

Der Wert der Wälder für die Biodiversität erhöhte sich in vielen Bereichen weiter. So nahmen unter anderem die Baumartenvielfalt, die Anzahl dicker Bäume und das Totholzvolumen zu. Auch werden die Wälder meist natürlich verjüngt.

Hinsichtlich Trinkwasserschutz waren günstige Entwicklungen zu verzeichnen: Die Waldfläche in Grundwasserschutzzonen nahm zu, und die reinen Nadelholzbestände in denselben gingen zurück. In Schutzwäldern gegen Naturgefahren erfolgten deutlich weniger Zwangsnutzungen, dagegen nahmen die Verjüngungsprobleme und Wildschäden deutlich zu.

Für Erholungsuchende ist der Schweizer Wald gut zugänglich. Weil die Bevölkerung stärker als die Waldfläche zugenommen hat, steht jeder Person jedoch weniger Waldfläche für die Erholung zur Verfügung.

Waldressourcen

Kriterium 1 von Forest Europe

Das entsprechende Kriterium von Forest Europe heisst «Erhaltung und angemessene Verbesserung der Waldressourcen und von ihrem Beitrag zu globalen Kohlenstoffkreisläufen». Betrachtet werden dabei die Waldfläche, der Holzvorrat, der Kohlenstoffvorrat und die Altersstruktur und/oder die Durchmesserverteilung. Beim letztgenannten Indikator wird im LFI nur die Entwicklung der Jungbestände im gleichaltrigen Wald beurteilt. Bei allen Indikatoren zum Kriterium Waldressourcen ist gesamtschweizerisch eine positive Entwicklung festzustellen.



WSL/LFI4

Bei den Indikatoren zur **Waldfläche** (Indikatoren 1.1.1 bis 1.1.4, Tab. **244**) zeigen sich zwischen LFI3 und LFI4 signifikante Zunahmen. Sie sind aber geringer als in der Vorperiode. So hat die Waldfläche (Indikator 1.1.1) in den acht Jahren zwischen LFI3 und LFI4 um 31 000 ha oder 0,30% pro Jahr zugenommen. In den elf Jahren zwischen LFI2 und LFI3 betrug die Waldflächenzunahme dagegen noch 60 000 ha oder 0,43% pro Jahr. Seit dem LFI1 vergrösserte sich die Waldfläche insgesamt um 130 000 ha (Kap. 2, Tab. **021;** 0,37%/Jahr). Zu 60% konzentrierte sich diese Zunahme auf die Produktionsregion Alpen. Im dicht besiedelten und landwirtschaftlich intensiv genutzten Mittelland veränderte sich die Waldfläche dagegen in keiner Inventurperiode signifikant (Kap. 2, Tab. **021**).

Mit der fortschreitenden Waldflächenzunahme hat sich auch das **Bewaldungsprozent** (Indikator 1.1.2), also der Anteil der Landesfläche, der mit Wald bedeckt ist, von 31% im LFI3 auf 32% im LFI4 erhöht (Kap. 2, Tab. **015**).

Hinsichtlich des Kriteriums «Waldressourcen» und der meisten Waldfunktionen ist die Zunahme der Waldfläche positiv zu werten. Sie kann sich aber negativ auf das Landschaftsgefallen auswirken, und sie verringert die Fläche von Offenlandbiotopen.

Der **Holzvorrat** (Indikator 1.2.1; Schaftholz in Rinde der lebenden Bäume und Sträucher ab 12 cm BHD) beläuft sich im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald auf 421 Mio. m^3 bzw. 350 m^3/ha (Kap. 2, Tab. **055** und **056**). Zwischen LFI3 und LFI4 hat er – unter Berücksichtigung der neu eingewachsenen Flächen – um 13 Mio. m^3 (nicht dargestellt) oder 0,42% pro Jahr zugenommen (Tab. **244**). Zwischen LFI2 und LFI3 war die Vorratszunahme mit 0,22% pro Jahr etwas kleiner, zwischen LFI1 und LFI2 dagegen mit 1,00% pro Jahr wesentlich höher. In den verschiedenen Produktionsregionen verlief die Entwicklung unterschiedlich, und das insbesondere seit dem LFI2: Seit dieser Inventur nehmen die Vorräte im holzerntetechnisch günstigen Mittelland ab, in den Voralpen bleiben sie konstant, und im Jura, in den Alpen und insbesondere auf der Alpensüdseite nehmen sie zu (Tab. **244** und Cioldi *et al.* 2010). Während die Vorratszunahmen im Privatwald bislang immer grösser waren als im öffentlichen Wald, waren sie zwischen LFI3 und LFI4 erstmals geringer (Kap. 2, Tab. **060**). Aus der Perspektive der Nachhaltigkeit der Waldressourcen sind Vorratsabnahmen als kritisch und Vorratszunahmen als günstig zu werten. Allerdings können sehr hohe Durchschnittsvorräte auch Anzeichen einer Überalterung des Waldes im wirtschaftlichen Sinn sein und eine nachhaltige Holzproduktion (Kriterium 3) gefährden.

Der **Anteil Jungbestände** mit einem Alter von höchstens 60 Jahren (Indikator 1.3.1) kann nur in gleichaltrigen Beständen beurteilt werden. Gleichartige Bestände machen im LFI4 75% des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald aus (Kap. 2, Tab. **093**). Während der Anteil der Jungbestände vom LFI1 zum LFI2 noch rückläufig war, nahm er zwischen LFI2 und LFI4 immer stärker zu. Mittlerweile entspricht er fast dem Modellwert von 40% für einen altersmässig nachhaltig aufgebauten Schweizer Wald (Kap. 2, Tab. **096**).

Parallel zur Zunahme von Waldfläche, Vorrat und Totholzvolumen erhöhte sich vom LFI3 zum LFI4 auch der ober- und unterirdisch in den Bäumen gespeicherte **Kohlenstoffvorrat** (Indikator 1.4.1). Die Zunahme betrug rund 4%, was aus Sicht des globalen Kohlenstoffkreislaufes als günstig zu bewerten ist. Der Kohlenstoffvorrat wird im LFI4 auf 155 Mio. t oder 129 t C/ha geschätzt (Kap. 2.5).

Gesundheit und Vitalität

Kriterium 2 von Forest Europe

Das Kriterium von Forest Europe heisst «Erhaltung der Gesundheit und Vitalität von Waldökosystemen». Das LFI kann Angaben zum Indikator «Waldschäden» sowie zu physikalischen Belastungen des Waldbodens, zu Schäden an Bäumen und zu solchen am Waldbestand beisteuern. Die Indikatoren «Deposition von Luftschadstoffen», chemischer «Bodenzustand» und «Nadel-/Blattverlust» von Forest Europe deckt das LFI nicht ab.

Die Entwicklung der einzelnen Indikatoren muss differenziert gewertet werden. Positiv ist, dass die Waldfläche mit Zwangsnutzungen sehr stark abnahm und auch die Holzernteschäden sowie die Probeflächen mit intensiver Erholungsbelastung zurückgingen. Negativ in Bezug auf die Gesundheit und Vitalität des Waldes sind der stark angestiegene Gipfeltriebverbiss bei der Tanne sowie die Zunahme von toten Bäumen und stark bis sehr stark geschädigten Beständen. Hinsichtlich der Biodiversität ist die Zunahme von toten Bäumen aber positiv zu werten.



WSL/LFI4

Der Anteil **Probeflächen mit aktuell intensiver Beweidung** (Indikator 2.2.1, Tab. **244**) nahm vom LFI3 zum LFI4 etwas zu. Zwischen LFI2 und LFI3 hatte er noch abgenommen. Spuren intensiver Beweidung finden sich im LFI4 auf etwa 8% der Probeflächen (Kap. 3, Tab. **104**). Im Gegensatz zu einer gelegentlichen oder mässigen Beweidung verhindert eine intensive Beweidung die Waldverjüngung, verursacht Wurzelschäden und ist damit unerwünscht. Die festgestellte Zunahme ist daher im Sinn des Kriteriums «Waldgesundheit» negativ zu werten.

Der Anteil **Probeflächen mit Deponien waldfremder Materialien** (Indikator 2.2.2), zum Beispiel Gartenabraum, Bauschutt oder Abfälle, ging vom LFI3 zum LFI4 tendenziell zurück. Er beläuft sich aktuell auf 1% (Kap. 3, Tab. **105**). Solche wilden Deponien können Boden und Gewässer belasten und sind oftmals auch Ausgangspunkt der Ausbreitung von invasiven Neophyten. Wilde Deponien sind daher verboten.

Nachdem der Anteil **Probeflächen mit intensiver Erholungsbelastung** (Indikator 2.2.3) vom LFI2 zum LFI3 stark zugenommen hatte, ging er vom LFI3 zum LFI4 wieder zurück. Er beträgt nun 1% (Kap. 3, Tab. **105**). Im dicht besiedelten Mittelland ist der Anteil fast doppelt so hoch, er nahm vom LFI3 zum LFI4 aber ebenfalls ab. Auf Waldflächen mit intensiver Erholungsnutzung sind die Artenvielfalt und die natürliche Waldverjüngung beeinträchtigt. Daher ist die Abnahme als günstig zu beurteilen, und dies umso mehr, als der Wald heute viel stärker für Freizeit und Erholung genutzt wird (siehe Kap. 7.2).

Der Anteil **Probeflächen mit Fahrspuren ausserhalb von Rückegassen und Maschinenwegen** (Indikator 2.2.4) ging von 21% im LFI3 (nicht dargestellt) auf 14% im LFI4 zurück. Dies ist als positiv zu bewerten. Der Grundsatz, die Waldböden nur noch auf dem systematisch angelegten Feinerschliessungsnetz zu befahren, um die Waldböden zu schonen, scheint sich allmählich durchzusetzen.

Wegen einer grundlegenden Methodenänderung dürfen die im LFI3 und die im LFI4 ausgewiesenen Verbissintensitäten, d. h. die Anteile der bis 1,3 m hohen Bäumchen mit im Vorjahr verbissenem Gipfeltrieb, nicht miteinander verglichen werden. Vergleiche zwischen LFI2 und LFI4 sind möglich, allerdings auch nur bedingt. Denn wie Schwyzer und Zinggeler (2000) zeigten, wurde im LFI2 die Verbissintensität überschätzt. Entsprechend muss die rechnerische Abnahme der **Verbissintensität über alle Baumarten** (Indikator 2.3.1) vom LFI2 zum LFI4 (Tab. **244**) mit Vorsicht interpretiert werden, und es ist von einer gleichbleibenden oder sogar zunehmenden Verbissintensität auszugehen. Eindeutig ist jedenfalls, dass die Verbissintensität auf der Alpensüdseite vom LFI2 zum LFI4 stark zugenommen hat. Auch wenn Knospen und Triebe für das Schalenwild eine unerlässliche Nahrung sind, ist eine Zunahme der Verbissintensität gesamthaft gesehen eher negativ zu werten, denn anhaltender Verbiss ab einer gewissen, von der Baumart abhängigen Schwelle beeinträchtigt die natürliche Verjüngung.

Schalenwildarten äsen gerne an Tannen, und die Tanne ist auch besonders verbissempfindlich. Die **Verbissintensität an Tannen** (Indikator 2.3.2) nahm seit dem LFI2 deutlich zu und beläuft sich im LFI4 auf 21% (Kap. 2, Tab. **107**). Sie liegt nun weit über dem Grenzwert von Eiberle und Zehnder (1985) von 9%, ab dem mit dem waldbaulich problematischen Ausfall dieser Art zu rechnen ist. Die hohe Verbissintensität an Tannen ist negativ zu werten, denn oft ist es ohne teure (und im Gebirgswald schwierig zu realisierende) Wildschutzmassnahmen kaum möglich, diese Baumart natürlich zu verjüngen. Ähnliches gilt auch für die Eichenarten, deren Anteil aus Naturschutzgründen und des Klimawandels wegen erhöht werden soll.

Die Stammzahl der (lebenden) **Bäume ohne erkennbare Schäden** (Indikator 2.3.3) nahm vom LFI2 zum LFI3 geringfügig ab. Vom LFI3 zum LFI4 hat sie sich nicht mehr verändert und beläuft sich auf 331 Stk./ha (nicht dargestellt). Betrachtet man die einzelnen Produktionsregionen, zeigt sich, dass es im Mittelland und auf der Alpensüdseite weniger Bäume ohne erkennbare Schäden gibt, in den

Alpen aber mehr. Die als negativ zu bewertende Entwicklung im Mittelland und auf der Alpensüdseite rührt hauptsächlich daher, dass im Mittelland die Stammzahl von Fichte, Föhre und Eiche ohne Schäden zurückgegangen ist, auf der Alpensüdseite jene der Kastanie (nicht dargestellt).

Der Anteil **toter Bäume** (Indikator 2.3.4) wie auch der Anteil **toter und sehr stark geschädigter Bäume** (Indikator 2.3.5) nahm vom LFI2 bis zum LFI4 kontinuierlich zu und liegt nun bei 11% bzw. 13% (Kap. 3, Tab. **114**). Die Entwicklung bei beiden Indikatoren widerspiegelt derzeit das Gleiche, weil nur der Anteil der toten Bäume, aber nicht der Anteil der sehr stark geschädigten Bäume angestiegen ist (Kap. 3, Abb. **115**). Dies bedeutet, dass tote Bäume öfter im Wald blieben, also nicht genutzt wurden. Gründe hierfür sind wohl Kapazitätsengpässe und der Holzpreiszerfall nach dem Orkan Lothar sowie vermehrt auch ökonomische und naturschutzfachliche Überlegungen in jüngster Zeit. Der höhere Anteil toter Bäume ist zwiespältig zu werten: Aus Sicht der Holzproduktion ist er unerwünscht, weil die dadurch verringerte Erntemenge zu Erlöseinbussen führt. Hinsichtlich der Biodiversität ist ein höherer Anteil aber erwünscht, weil so das Totholzvolumen (Indikator 4.5.1) zunimmt.

Der Anteil der **Bäume mit Holzerntenschäden** (Indikator 2.3.6) ging vom LFI2 zum LFI3 stark und vom LFI3 zum LFI4 nochmals zurück, besonders im Mittelland. Derzeit beläuft sich der Anteil der Bäume mit Holzerntenschäden noch auf 1,6% (Kap. 3, Tab**. 113**). Dies deutet auf sorgfältigere Holzerei hin und ist positiv zu werten.

Der Schädigungsgrad eines Bestandes wird berechnet als durchschnittlicher, mit der Basalfläche gewichteter Schädigungsgrad aller Bäume einer Probefläche. Der Anteil der **Waldfläche mit stark bis sehr stark geschädigten Beständen** (Indikator 2.4.1) stieg vom LFI2 zum LFI3 als Folge des Orkans Lothar deutlich an. Danach ging er aber nicht zurück, sondern erhöhte sich bis zum LFI4 nochmals. Er beläuft sich nun auf 8% (Kap. 3, Tab. **116**). Diese Entwicklung ist bezüglich Vitalität des Waldes negativ zu werten.

Die **Waldfläche mit Zwangsnutzungen** (Indikator 2.4.2) lag im LFI2 und im LFI3 für die gemeinsamen Probeflächen auf dem gleichen, hohen Niveau. Vom LFI3 zum LFI4 nahm sie stark – um etwa die Hälfte – ab und beläuft sich noch auf 12900 ha pro Jahr (Kap. 3, Tab. **117**). Zwangsnutzungen sagen zwar nicht direkt etwas über Waldschäden aus, können aber dennoch als Indikator dienen, weil das bei Waldschäden anfallende Holz zum grossen Teil genutzt wird. Auf Waldflächen mit Zwangsnutzungen wird nicht aufgrund der forstlichen Planung eingegriffen. Zwangsnutzungen vermindern den Handlungsspielraum der Waldeigentümer und schmälern oft auch die Leistungen und Produkte des Waldes. Daher ist die markante Abnahme der Waldfläche mit Zwangsnutzungen positiv zu werten.

Der Anteil der **Bestände mit kritischer Stabilität** (Indikator 2.4.3) nahm vom LFI1 zum LFI2 zu. Vom LFI2 zum LFI3 ging er deutlich zurück und liegt seither bei etwa 7% (Kap. 3, Tab. **121**). In den einzelnen Produktionsregionen waren dabei gegensätzliche Trends zu beobachten: Im Jura und im Mittelland nahmen die Bestände mit kritischer Stabilität ab, wogegen sie in den Alpen und insbesondere auf der Alpensüdseite stark zunahmen. Weil eine Zunahme der Bestände mit kritischer Stabilität das Risiko von flächigen Waldschäden erhöht, ist die Entwicklung in den beiden zuletzt genannten Regionen als ungünstig zu bewerten.

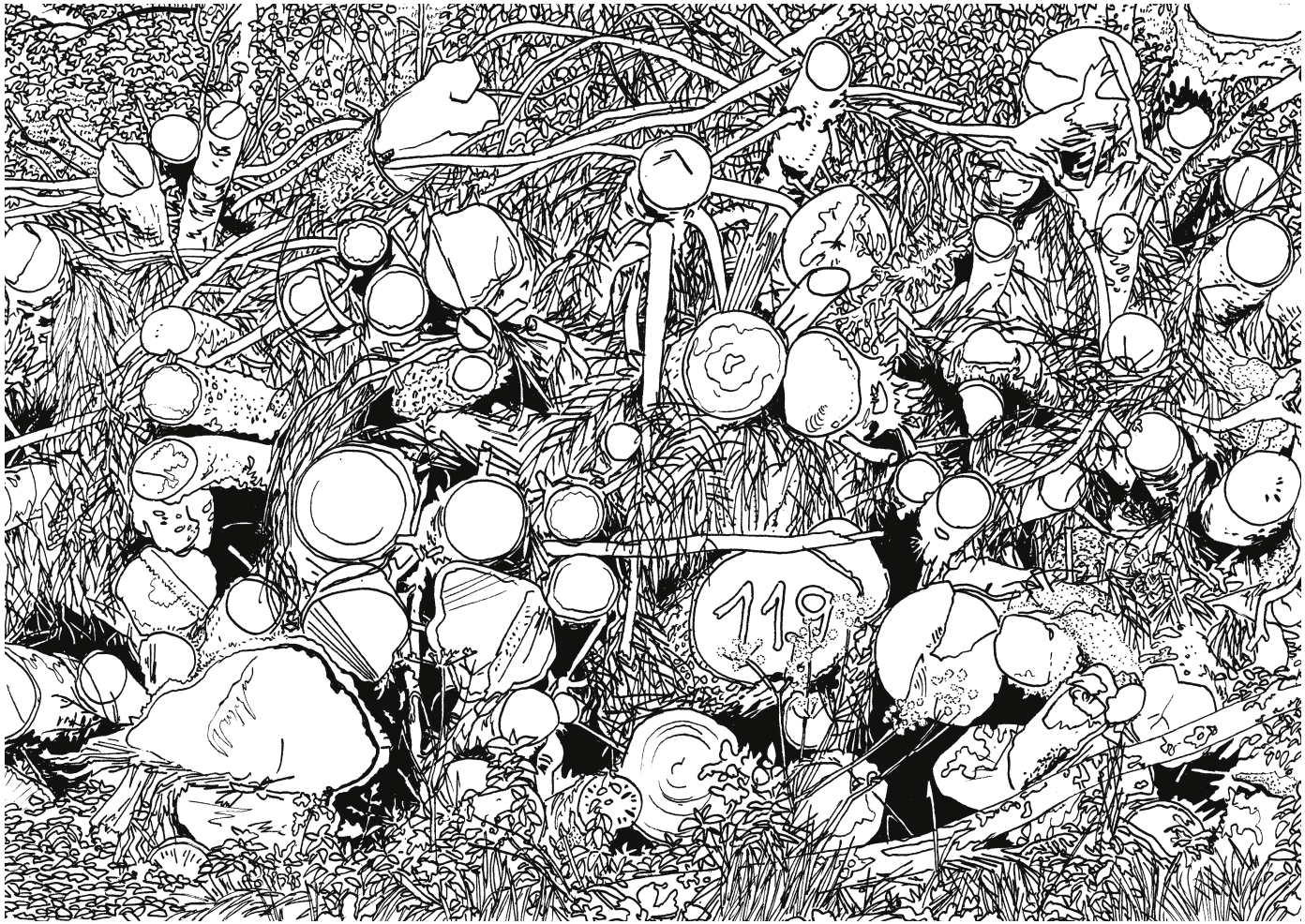
WSL/LFI4

Holzproduktion

Kriterium 3 von Forest Europe

Das entsprechende Kriterium von Forest Europe heisst «Erhaltung und Stärkung der produktiven Funktionen des Waldes» und umfasst fünf Indikatoren. Zu den Indikatoren «Zuwachs und Nutzung» und «Wälder mit Bewirtschaftungsplänen» liefert das LFI aussagekräftige Informationen, zu den Indikatoren «Nichtholzprodukte», Verkauf von «Rundholz» und vermarktete «Dienstleistungen» hingegen nicht.

Auch beim Kriterium «Holzproduktion» müssen die Entwicklungen differenziert betrachtet werden: Als günstig zu beurteilen ist, dass die Waldfläche mit kantonalen oder lokalen forstlichen Planungswerken und die Waldfläche mit Zertifizierung vom LFI3 zum LFI4 zugenommen haben. Positiv ist auch, dass sich der Zuwachs nach dem durch den Orkan Lothar verursachten Einbruch zwischen LFI2 und LFI3 wieder erholt hat, aber die Nutzung auf hohem Niveau gehalten und tendenziell noch gar erhöht werden konnte. Negativ zu beurteilen ist, dass die Waldfläche mit waldbaulichen Eingriffen in den letzten zehn Jahren abgenommen hat und dass die Nutzungen in zwei von fünf Regionen markant unter und in einer Region etwas über dem Zuwachs liegen. Die Waldstrassendichte hat seit dem LFI3 nur unwesentlich zugenommen. Nach wie vor gelten nur 46% des Schweizer Waldes als gut erschlossen.



Der **Holzzuwachs** wird im LFI für die gemeinsamen Probeflächen zweier Inventuren berechnet. Ausgewiesen wird er als Bruttozuwachs. Zwischen LFI3 und LFI4 belief sich der Holzzuwachs auf 10,8 Mio. m^3/Jahr (Indikator 3.1.1; Kap. 4, Tab. **146**) oder 9,0 m^3/ha/Jahr (Indikator 3.1.2; Kap. 4, Tab. **147**). Während er zwischen LFI2 und LFI3 im Zuge von vermehrter Mortalität (Orkan Lothar) und (Zwangs-) Nutzung abgenommen hatte, nahm er zwischen LFI3 und LFI4 wieder zu (Tab. **244**). Der Zuwachs pro Hektare bewegt sich damit wieder annähernd auf dem Niveau von zwischen LFI1 und LFI2 (Kaufmann und Brassel 1999). Die Zunahme des Zuwachses ist aus Sicht der Holzproduktion positiv zu werten.

Seit dem LFI4 werden beim Indikator 3.1.3 ausschliesslich die Nutzungen und nicht mehr Nutzungen und Mortalität zusammen betrachtet. Unter der **Nutzung** wird die tatsächlich geerntete Holzmenge verstanden, unabhängig davon, ob es sich dabei um reguläre Nutzungen oder Zwangsnutzungen handelt. Die Nutzung belief sich im LFI3 auf 7,2 Mio. m^3/Jahr (Duc *et al.* 2010b) und war stark von Zwangsnutzungen als Folge des Orkans Lothar geprägt. Zwischen LFI3 und LFI4 konnte die Nutzung gehalten und tendenziell gar erhöht werden (auf 7,6 Mio. m^3/Jahr; Kap. 4, Tab. **150**). Zuzuschreiben ist dies wohl den Bestrebungen zur besseren Ausschöpfung des Nutzungspotenzials, denn Kalamitäten mit Folgen in der Grössenordnung des Orkans Lothar waren in der Berichtsperiode keine zu verzeichnen.

Beim Indikator 3.1.4 wird das bisherige System beibehalten und der **Anteil von Nutzung und Mortalität am Holzzuwachs** betrachtet. Mit diesem Indikator lässt sich beurteilen, ob mit der Ressource Holz haushälterisch umgegangen wird. In einem bezüglich Vorrat und Altersstruktur ideal aufgebauten Wald wäre ein Anteil von 100% das Wunschbild, denn dann wären Nutzung und Mortalität gleich gross wie der Zuwachs. Zwischen LFI1 und LFI2 betrug der Anteil von Nutzung und Mortalität am Zuwachs 73%. Zwischen LFI2 und LFI3 erhöhte sich dieser Anteil auf 95%. Zwischen LFI3 und LFI4 ging er wieder zurück und beträgt nun noch 88% (Kap. 4, Tab. **156**). Die regionalen Unterschiede sind allerdings sehr gross. In den Alpen betrugen Nutzung und Mortalität zwischen LFI3 und LFI4 63% des Zuwachses, auf der Alpensüdseite gar nur 46%. Im Jura (92%) und in den Voralpen (94%) wurde der Zuwachs nahezu ausgeschöpft. Im Mittelland lag der Anteil von Nutzung und Mortalität mit 111% noch immer über dem Zuwachs, aber weniger deutlich als zwischen LFI2 und LFI3, wo er sich auf 123% belief. Bleiben Nutzung und Mortalität während langer Zeit über dem Zuwachs, ist das nicht nachhaltig. Bei Überlegungen zur Holzproduktion müssen die Entnahmen aber auch immer an den wirtschaftlich günstigen Zielvorräten gemessen werden. Entsprechend könnte es durchaus angezeigt sein, die Nutzung während einiger Jahre stark zu erhöhen. Dies insbesondere, wenn die Gefahr besteht, dass der Wald im wirtschaftlichen Sinne überaltert oder dass wegen sehr hoher Vorräte Windwürfe auftreten. Selbstverständlich sind bei solchen Überlegungen auch die anderen Waldleistungen zu beachten, auch die des Waldes als CO_2-Speicher.

Für die Holznutzung ist eine genügende Erschliessung des Waldes mit Strassen eine elementare Voraussetzung. Die **Erschliessungsdichte mit Lastwagenstrassen** gemäss LFI-Definition (Fahrbahnbreite von mind. 2,5 m, Achslast mind. 10 t; Indikator 3.1.5) beträgt im LFI4 25,7 m/ha (Kap. 2, Tab. **044**). Sie ist damit seit dem LFI3 nahezu gleich geblieben. Betrachtet man nur die Strassen, die mit mindestens 4-achsigen Fahrzeugen mit einem Gesamtgewicht von 28 t befahrbar sind, dann beträgt die Erschliessungsdichte derzeit 21,5 m/ha (Kap. 2, Tab. **044**). Um die Erschliessungsqualität zu beurteilen, ist die Erschliessungsdichte allerdings kein günstiges Merkmal. Besser eignet sich der Erschliessungsgrad, der aus der Schrägdistanz

WSL/LFI4

zwischen der jeweiligen Probefläche und der nächsten Waldstrasse und dem aktuell verwendeten Holzernteverfahren ermittelt wird. Aufgrund dieses Merkmals dürfen aktuell lediglich 46% des Schweizer Waldes als gut erschlossen betrachtet werden, mit einer Spannbreite zwischen den verschiedenen Regionen von 16% (Alpensüdseite) bis 80% (Mittelland; Kap. 2, Abb. **047**).

Die **Waldfläche mit waldbaulichen Eingriffen in den letzten 10 Jahren** (Indikator 3.1.6) nahm vom LFI1 zum LFI2 stark – von 53 auf 44% – ab. Vom LFI2 zum LFI3 erhöhte sie sich zwischenzeitlich etwas. Vom LFI3 zum LFI4 ging sie wieder auf das Niveau des LFI2 zurück (Kap. 4, Abb. **132**). Der Rückgang der Waldfläche mit waldbaulichen Eingriffen ist aus der Perspektive des Kriteriums «Holzproduktion» negativ, aus der Perspektive des Kriteriums «Biodiversität» wegen der vermehrt natürlich ablaufenden Waldentwicklung positiv zu werten.

Für 89% der Waldfläche besteht zum Zeitpunkt des LFI4 ein rechtskräftiger **kantonaler oder lokaler forstlicher Plan,** also zum Beispiel ein Waldentwicklungsplan, ein Betriebsplan oder beides (Indikator 3.5.1; Kap. 4, Tab. **127**). Vom LFI3 zum LFI4 hat dieser Anteil zugenommen. Weil forstliche Planungswerke eine nachhaltige Waldbewirtschaftung unterstützen, ist diese Zunahme als positiv zu bewerten.

Die öffentlichen Waldeigentümer waren früher verpflichtet, Betriebspläne zu erstellen. Seit der Inkraftsetzung des Waldgesetzes im Jahr 1993 regeln die Kantone die Planungspflicht. In sechs Kantonen besteht keine Betriebsplanpflicht. In den anderen Kantonen gilt sie meist erst ab einer bestimmten Mindestfläche (10–50 ha Wald) oder nicht für alle Waldeigentümer (Gollut und Rosset 2018). Entsprechend ist eine hundertprozentige Abdeckung der Schweiz mit Betriebsplänen bei Weitem nicht erreichbar. Nachdem der Anteil der **Waldfläche mit einem lokalen forstlichen Plan** (Indikator 3.5.2) vom LFI2 zum LFI3 abgenommen hatte, nahm er vom LFI3 zum LFI4 wieder etwas zu. Er liegt nun bei 59% (Kap. 4, Tab. **125**). Die Zunahme seit dem LFI3 ist positiv zu werten.

Kantonale Waldpläne (Regionale Waldpläne, Waldentwicklungspläne) werden unter Einbezug der Bevölkerung erarbeitet und sind für die Behörden verbindlich. Die ersten solchen Pläne entstanden unmittelbar vor dem LFI2. Vom LFI3 zum LFI4 nahm die **Waldfläche mit einem kantonalen forstlichen Plan** (Indikator 3.5.3; inkl. der Richtpläne in den Kantonen Solothurn und Aargau) stark zu. Im LFI4 sind 74% der Waldfläche durch einen kantonalen Waldplan abgedeckt (Kap. 4, Tab**. 123**). Dies ist positiv zu werten.

Das Merkmal **Waldfläche mit Zertifizierung** (Indikator 3.5.4) wurde erstmals im LFI3 erhoben. Mit der Zertifizierung verpflichtet sich ein Waldeigentümer, bei der Bewirtschaftung bestimmte Nachhaltigkeitsstandards einzuhalten. Vom LFI3 zum LFI4 nahm der Anteil der Waldfläche mit Zertifizierung zu. Aktuell sind 51% der Waldfläche nach FSC und/oder PEFC zertifiziert (Kap. 4, Tab. **128**). Die Zunahme zwischen LFI3 und LFI4 ist positiv zu werten, auch wenn die Zertifizierungsstandards in der Schweiz die gesetzlichen Bestimmungen (z. B. zur Waldbewirtschaftung) nur leicht übertreffen.

Biologische Vielfalt

Kriterium 4 von Forest Europe

Das Kriterium von Forest Europe heisst «Erhaltung, Schutz und angemessene Verbesserung der biologischen Vielfalt in Waldökosystemen» und umfasst neun Indikatoren. Zu sechs Indikatoren liefert das LFI aussagekräftige Informationen, zu den Indikatoren «Genetische Ressourcen», «Landschaftsmuster» und «Gefährdete Waldarten» hingegen nicht.

Da die biologische Vielfalt viele Aspekte hat, ist die Anzahl der Indikatoren bei diesem Kriterium hoch. Bei vielen Indikatoren ist der Zustand erfreulich, und oftmals ist auch die Entwicklung positiv. So nahm die Artenvielfalt bei den Bäumen zu, Probeflächen mit nur einer Baumart haben abgenommen, dicke Bäume wurden häufiger, das Totholzvolumen stieg an, und auch die Waldfläche ohne forstliche Eingriffe seit über 50 Jahren erhöhte sich weiter.



WSL/LFI4

Der Anteil der **Probeflächen mit mehr als einer Baumart** (BHD mindestens 12 cm; Indikator 4.1.1; Tab. **244**) nahm vom LFI1 zum LFI4 kontinuierlich zu und liegt nun bei 71% (Kap. 5, Tab. **165**). Diese Zunahme ist positiv zu werten.

Wenn eine Baumart auf der Interpretationsfläche mindestens geschätzte 5% des Deckungsgrades der Oberschicht einnimmt, gilt sie als in der Oberschicht präsent. Diese Angabe wird für den Indikator **Waldfläche mit 4 und mehr Baumarten in der Oberschicht** (Indikator 4.1.2) genutzt. Vom LFI3 zum LFI4 nahm der Anteil der Waldfläche mit 4 und mehr Baumarten in der Oberschicht zu und beträgt nun 34% (Tab. **163**). Diese Entwicklung ist positiv.

Der Anteil der **Waldränder mit mehr als 10 Gehölzarten** (Indikator 4.1.3) nahm vom LFI2 zum LFI4 kontinuierlich zu und liegt nun bei 73% (Kap. 5, Abb. **167**). Die Entwicklung zwischen diesen beiden Inventurzeitpunkten ist statistisch gesichert (nicht aber zwischen LFI2 und LFI3 bzw. LFI3 und LFI4) und hinsichtlich der biologischen Vielfalt als positiv zu bewerten.

Der **Bestandesdichteindex** (Indikator 4.1.4) nahm vom LFI1 zum LFI2 stark zu. Danach schwächte sich die Zunahme ab, wobei sie zwischen LFI3 und LFI4 noch 1% betrug (Kap. 5, Tab. **171**). Generell nahm der Bestandesdichteindex vom LFI3 zum LFI4 in den Hochlagen zu und in den Tieflagen ab. Aus Sicht der Biodiversität sind anhaltende Zunahmen auf grosser Fläche unerwünscht, denn sie führen zu immer dunkleren Wäldern und damit zu einem eintönigeren Habitat mit geringerer Eignung für licht- und wärmebedürftige Arten.

Als Verjüngungsbestände gelten diejenigen Wälder, die in Verjüngung stehen (Kap. 5.3). Es handelt sich um rund 20% des Schweizer Waldes. Der Anteil der Waldflächen mit **reiner Naturverjüngung in Verjüngungsbeständen** (Indikator 4.2.1) nahm vom LFI2 zum LFI3 deutlich zu. Seither blieb er im Landesmittel auf dem hohen Niveau von 92% (Kap. 5, Tab. **181**). Im Mittelland war der Waldflächenanteil mit reiner Naturverjüngung in Verjüngungsbeständen vom LFI3 zum LFI4 dagegen rückläufig. Unter dem Biodiversitätsaspekt «Zulassen der natürlichen Prozesse» ist der hohe Naturverjüngungsanteil als positiv und die Abnahme des Anteils im Mittelland als negativ zu bewerten. Falls die Pflanzungen der Förderung der Gehölzartenvielfalt oder der Anpassung der Baumartenzusammensetzung an die standörtlichen Verhältnisse bzw. den Klimawandel dienten, kann die Entwicklung im Mittelland auch als positiv gewertet werden.

Waldflächen mit **reinen Pflanzungen in Verjüngungsbeständen** (Indikator 4.2.2) nahmen vom LFI2 zum LFI3 stark ab. Seither blieb ihr Anteil nahezu konstant bei etwa 2% (nicht dargestellt).

Um auch Vergleiche mit dem LFI1 zu ermöglichen, wird im LFI zudem der Indikator **reine Naturverjüngung in Jungwüchsen/Dickungen** (Indikator 4.2.3) geführt. Jungwüchse und Dickungen stellen den Teil der Verjüngungsbestände dar, in den der Generationenwechsel abgeschlossen ist. Der Anteil der reinen Naturverjüngung in Jungwüchsen/Dickungen nahm vom LFI1 zum LFI3 markant – von 55% auf 77% – zu (Kap. 5, Tab. **182**). Auf Ebene der Schweiz veränderte sich dieser Anteil vom LFI3 zum LFI4 nicht mehr signifikant. In den Alpen erhöhte er sich dagegen weiter, während er im Mittelland zugunsten gemischt verjüngter Jungwüchse/Dickungen abnahm. Insgesamt ist der Zustand bei diesem Indikator als positiv zu beurteilen.

Die Waldfläche ohne forstliche Eingriffe seit über 50 Jahren (Indikator 4.3.1) nahm seit dem LFI1 stetig zu, vor allem auf der Alpensüdseite und in den Hochlagen. Die Zunahme war dabei zwischen LFI2 und LFI3 besonders stark. Der Anteil der Waldfläche ohne forstliche Eingriffe seit über 50 Jahren liegt im LFI4 bei 18% (Kap. 5, Tab. **198**). In diesen Wäldern kann wieder Wildnis entstehen, was bezüglich Biodiversität positiv zu werten ist.

Intensiv bewirtschaftete Plantagen sind in der Schweiz äusserst selten. Der Anteil der **Waldfläche der Plantagen** (Indikator 4.3.2; Tab. **244**) liegt auch im LFI4 unter 0,1% (Kap. 2.4). Eine Abnahme ist kaum mehr möglich.

Der Anteil der **Waldfläche mit naturnahem Nadelholzanteil im Laubwaldareal** (Indikator 4.3.3) nahm vom LFI1 zum LFI3 leicht zu. Seither hat er sich nicht mehr wesentlich erhöht und beträgt im LFI4 30% (nicht dargestellt). Eine Zunahme wäre bezüglich Biodiversität positiv.

In **Starkholzbeständen** (Indikator 4.3.4) haben per Definition die fünf dicksten Bäume pro LFI-Probefläche einen mittleren BHD von über 50 cm. Der Anteil dieser Bestände nahm vom LFI1 zum LFI3 stark und vom LFI3 zum LFI4 noch leicht zu. Er liegt nun bei 31% (Kap. 5, Tab. **174**). Starkholz ist für Lebewesen wichtig, die auf Lebensraumkontinuität über sehr lange Zeit angewiesen sind. Die Zunahme der Starkholzbestände ist daher hinsichtlich der Biodiversität positiv zu werten.

Alte, dicke Bäume sind für viele Tier- und Pilzarten wichtige Lebensräume. Die **Anzahl Giganten,** gemeint sind Bäume mit einem BHD über 80 cm (Indikator 4.3.5), hat sich seit dem LFI1 mehr als verdoppelt, und das auch in allen Höhenstufen. Sie beläuft sich im LFI4 auf 1,9 Stk./ha (Kap. 5, Tab. **175**). Auch dies ist hinsichtlich Biodiversität ein positiver Trend.

Der Anteil der **Waldränder mit hoher Strukturvielfalt** (ohne Krautsaum; Indikator 4.3.6) veränderte sich zwischen LFI2 und LFI4 nicht signifikant und liegt heute bei 11% (Kap. 5, Abb. **180**). Im Gegensatz dazu ist der Anteil der Waldränder mit tiefer Strukturvielfalt durchgehend rückläufig, der Trend also günstig.

Der Anteil der **Waldfläche mit mittlerem bis hohem Biotopwert** (Indikator 4.3.7) nahm vom LFI2 bis zum LFI4 deutlich zu und liegt nun bei 87% (Kap. 5, Tab. **202**). Dies ist positiv zu werten.

Die **von eingeführten Baumarten dominierte Waldfläche** (Indikator 4.4.1) ist mehrheitlich von Douglasie, Roteiche und Robinie geprägt. Diese Waldfläche nahm vom LFI1 zum LFI3 zu. Seither hat sie sich nicht mehr signifikant verändert und liegt im LFI4 noch immer unter einem halben Prozent (Kap. 5, Tab. **189**).

Das **Volumen des stehenden und liegenden Totholzes** ab 12 cm BHD (Indikator 4.5.1) verdoppelte sich vom LFI2 zum LFI3. Vom LFI3 zum LFI4 nahm es weiter, aber weniger stark zu und beläuft sich nun auf 25,7 m^3/ha auf den gemeinsamen Probeflächen der drei Inventare (Kap. 5, Tab. **195**) bzw. 24,2 m^3/ha auf den Probeflächen des LFI4 (Kap. 5, Tab. **190**). Unter Berücksichtigung der übrigen liegenden Totholzstücke ab 7 cm Durchmesser ist gar eine Totholzmenge von 34,3 m^3/ha vorhanden (Kap. 5.5). Die anhaltende Zunahme des Totholzvolumens ist hinsichtlich der Biodiversität positiv. Das Totholzvolumen erfüllt die in der Waldpolitik 2020 (BAFU 2013a) anvisierten Mindestwerte von 20 bis 25 m^3/ha in drei von fünf Produktionsregionen.

Auch das **stehende Totholzvolumen** allein (Indikator 4.5.2) nahm vom LFI1 zum LFI4 statistisch gesichert zu, einfach weniger stark als jenes des stehenden und liegenden Totholz zusammen (Indikator 4.5.1). Das stehende Totholzvolumen beläuft sich im LFI4 auf 12,6 m^3/ha (Kap. 5, Tab. **195**).

Die **Waldfläche mit Vorrangfunktion Naturschutz** (Indikator 4.9.1) wurde erstmals im LFI3 erhoben. Ihr Anteil stieg vom LFI3 zum LFI4 auf 9,1% an (Kap. 2, Tab. **030**). Auch der Anteil Waldreservate an der Waldfläche nahm zu und beträgt 5,8% (Kap. 5, Tab. **206**). Die Entwicklung ist damit positiv. Das im Jahr 2001 von den kantonalen Forstdirektoren und dem damaligen Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) vereinbarte Ziel von 10% Waldreservaten bis 2030 (Bolliger *et al.* 2012) ist aber noch nicht erreicht.

Auch die **Waldfläche mit Vorrangfunktion Landschafts- oder Wildschutz** (Indikator 4.9.2) wurde erstmals im LFI3 erhoben. Vom LFI3 zum LFI4 ist deren Anteil um etwa einen Prozentpunkt zurückgegangen und beträgt noch 2,5% (Kap. 2, Tab. **030**). Dies ist aus der Optik des Kriteriums «Biodiversität» negativ zu bewerten.

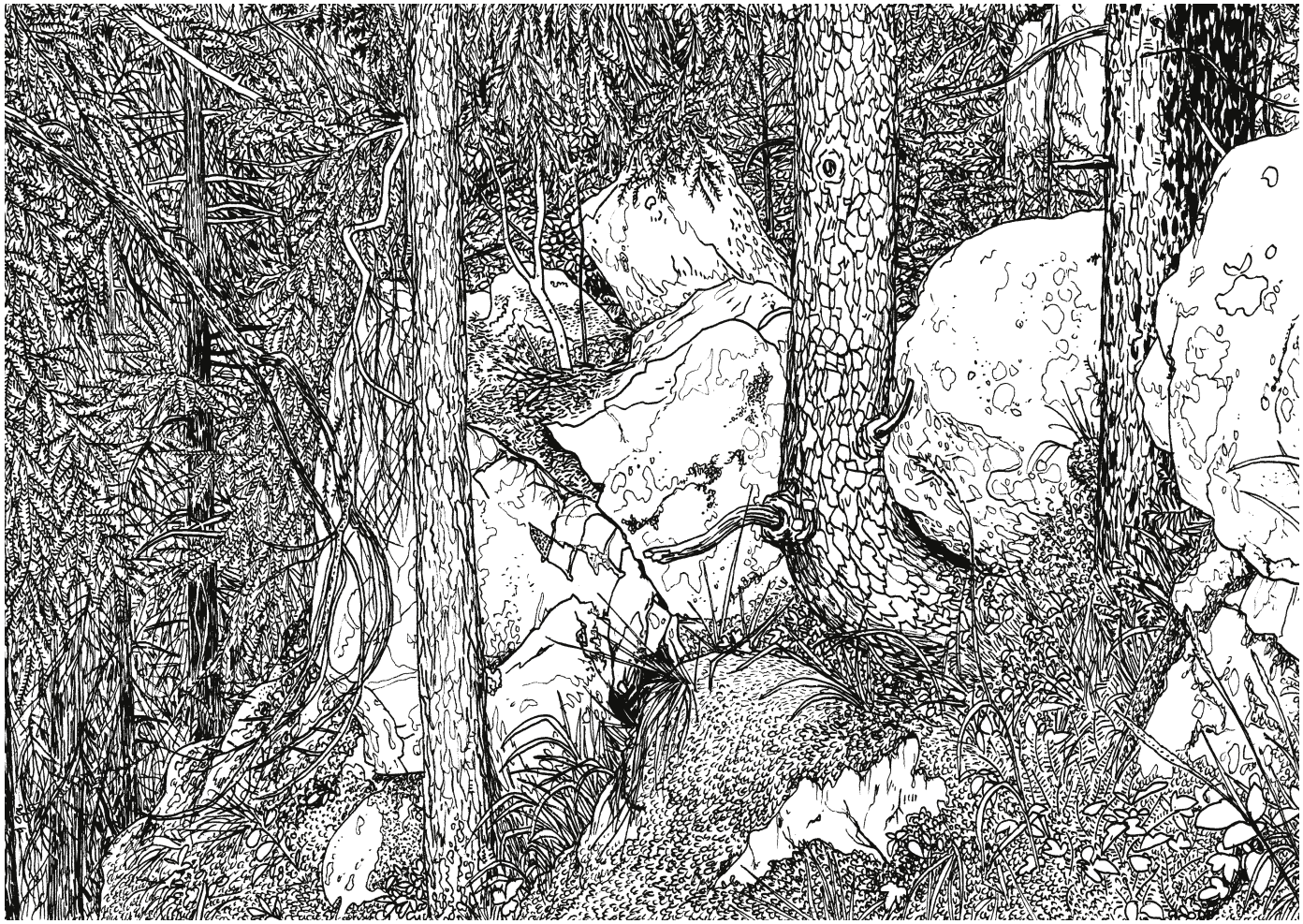
WSL/LFI4

Schutzwald

Kriterium 5 von Forest Europe

Das Kriterium 5 von Forest Europe lautet «Erhaltung und angemessene Verbesserung der Schutzfunktionen in der Waldbewirtschaftung». In der Schweiz wird unter Schutzwald meist nur der Wald verstanden, der Menschen und Sachwerte vor Naturgefahren schützt. Bei Forest Europe umfasst der Schutzwald zum Beispiel auch Wälder, die mit ihrer Filterwirkung Trinkwasser schützen. Das LFI liefert für beide Schutzfunktionen aussagekräftige Informationen.

Bezüglich Trinkwasserschutz sind bei den Indikatoren «Waldfläche in Grundwasserschutzzonen» und «Reine Nadelholzbestände in Grundwasserschutzzonen» Verbesserungen zu verzeichnen. Beim Schutz vor Naturgefahren positiv ist der markante Rückgang des von Zwangsnutzungen betroffenen Flächenanteils, negativ hingegen, dass auf noch mehr Fläche nicht genügend Verjüngung vorhanden ist und zudem die Bestandesstabilität etwas abgenommen hat. Der Erschliessungsgrad der Schutzwälder verbesserte sich leicht, für eine effiziente Bewirtschaftung ist er vielerorts aber noch ungenügend.



Liegt ein Wald in einer Grundwasserschutzzone, muss bei der Bewirtschaftung auf den Schutz des Grundwassers besonders geachtet werden. Die **Waldfläche in Grundwasserschutzzonen** (Indikator 5.1.1, Tab. **244**) nahm vom LFI1 bis zum LFI4 von 123 600 ha (nicht dargestellt) auf 137 500 ha (Kap. 6, Tab. **209**) zu. Diese Zunahme ist für den Schutz der Wasserressourcen positiv zu werten.

In Grundwasserschutzzonen sind reine Nadelholzbestände in zweierlei Hinsicht ungünstig. Erstens kämmen sie mehr Schadstoffe aus der Luft aus als Laubholzbestände. Zweitens sind sie störungsanfälliger, womit auch das Risiko höher ist, dass der Nitrateintrag ins Trinkwasser zwischenzeitlich in die Höhe schnellt. In diesem Sinne kann der Umstand, dass der Anteil der **reinen Nadelholzbestände in Grundwasserschutzzonen** (Indikator 5.1.3) vom LFI1 zum LFI4 von 40% auf 34% sank (Kap. 6, Tab. **211**), als qualitative Verbesserung der Trinkwasserschutzwälder gewertet werden.

Die **Waldfläche im Schutzwaldperimeter** (Indikator 5.2.1) wird anhand der GIS-Layer aus dem Projekt «SilvaProtect-CH» (Losey und Wehrli 2013) ermittelt. Demnach liegen derzeit 42% der LFI-Waldfläche oder 553 800 ha im Perimeter und bilden den Schutzwald LFI4. Die Waldfläche im Schutzwaldperimeter nahm vom LFI1 zum LFI3 um total 5,4% zu (nicht dargestellt), was positiv zu bewerten ist. Seither veränderte sie sich nicht mehr.

Die Basalfläche, ein Mass für die Bestandesdichte, sollte für eine ausreichende Schutzwirkung in Steinschlagschutzwäldern mindestens 25 m^2/ha betragen (Gaugelin und Courbaud 2006; Volkwein *et al.* 2011). Der Anteil des **Schutzwaldes LFI4 mit genügender Bestandesdichte** (Indikator 5.2.2) nahm vom LFI1 zum LFI4 kontinuierlich zu, und zwar von 57 auf 66% (Kap. 6, Abb. **219**). Diese Zunahme ist positiv zu werten, weil damit der Anteil des Schutzwalds LFI4 mit kritischer oder gar ungenügender Bestandesdichte abgenommen hat. Bei allzu hohen Basalflächen (ab zirka 45 m^2/ha) ist aber die Waldverjüngung und damit der langfristige Schutz infrage gestellt (siehe Indikator 5.2.5, Schutzwald LFI4 mit mehr als 10% Verjüngung).

Seit dem LFI3 werden im Luftbild die Lücken erfasst, was ermöglicht, mit dem Indikator 5.2.3 neu den **Schutzwald LFI4 ohne kritische Lücken** (≥ 600 m^2; Frehner *et al.* 2005) auszuweisen. Der Anteil des Schutzwalds ohne kritische Lücken erhöhte sich vom LFI3 zum LFI4 markant und beläuft sich neu auf 63% (Kap. 6, Tab. **218**). Dies ist aus der Perspektive des Schutzes vor Naturgefahren positiv zu beurteilen.

Der Anteil des **Schutzwaldes LFI4 mit stabilen und vermindert stabilen Beständen** (Indikator 5.2.4) nahm vom LFI1 zum LFI3 zu. Vom LFI3 zum LFI4 nahm er geringfügig ab und beträgt nun 93% (Kap. 6, Tab. **221**). Die leichte Abnahme seit der letzten Inventur (rund 2 Prozentpunkte; nicht dargestellt) ist vorsichtig negativ zu werten, weil eine gewisse Subjektivität bei der Ansprache der Stabilität auch einen Einfluss haben kann.

Gemäss der Wegleitung Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald (NaiS; Frehner *et al.* 2005) stellt je nach Standort ein Verjüngungsdeckungsgrad von 3 bis 6% das absolute Minimum dar. Im LFI wird ein Verjüngungsdeckungsgrad von unter 5% als ungenügend, zwischen 5 und 9% als kritisch und von mindestens 10% als genügend beurteilt. Der Anteil des **Schutzwaldes LFI4 mit mehr als 10% Verjüngung** (Deckungsgrad; Indikator 5.2.5) nahm vom LFI1 zum LFI3 zu. Seither ist er stark zurückgegangen und beträgt im LFI4 nur noch 57% (Kap. 6, Abb. **222**), d. h. weniger als im LFI1 (nicht dargestellt). Diese Entwicklung ist negativ zu bewerten.

Der Anteil **des Schutzwaldes LFI4 mit Zwangsnutzungen in den letzten 10 Jahren** (Indikator 5.2.6) ging von 58% im LFI2 auf 45% im LFI3 und anschliessend auf 29% im LFI4 zurück (Kap. 6, Abb. **228**). Die hohen Werte im

WSL/LFI4

LFI2 und im LFI3 sind auf die Orkane Vivian (1990) und Lothar (1999) zurückzuführen, die viele Schutzwälder trafen. Der Rückgang ist positiv zu werten.

Die Transportdistanz, d. h. die Schrägdistanz zur nächsten Strasse, ist ein Mass für die Walderschliessung und bestimmt massgeblich über die Kosten der Waldpflege, auch im Schutzwald. Der Anteil des **Schutzwaldes LFI4 mit Transportdistanz unter 500 m** zur nächsten Lastwagenstrasse LFI (d. h. Fahrbahnbreite mind. 2,50 m [Indikator 5.2.7] nahm vom LFI2 zum LFI4 zu. Er beträgt aktuell 71 % (nicht dargestellt). Diese Zunahme ist aus Sicht der Schutzfunktion positiv. Viele Schutzwälder sind aber noch nicht so dicht erschlossen, dass sie effizient gepflegt werden können.

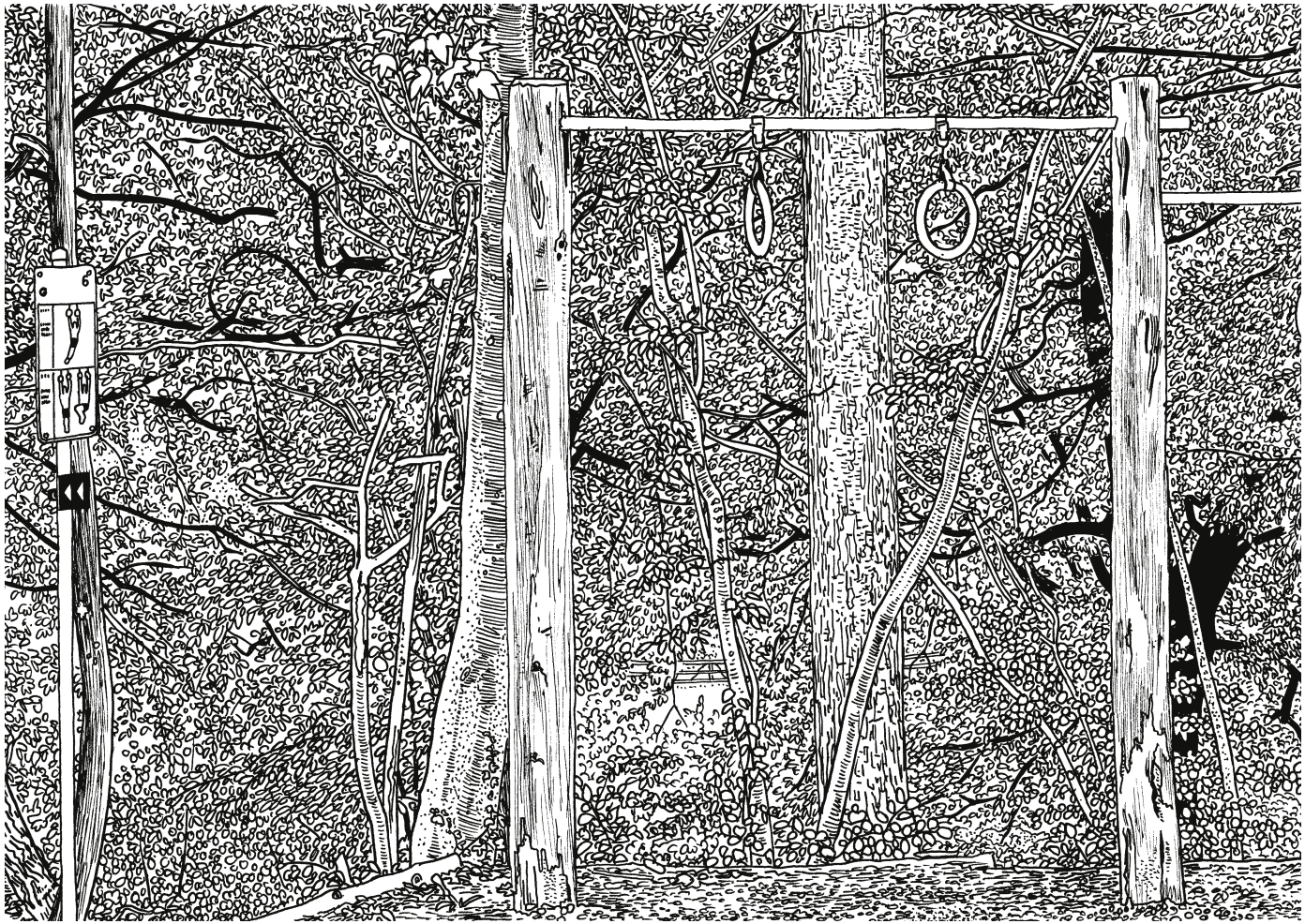
Insbesondere zur Förderung der Stabilität und der kontinuierlichen Verjüngung wird der Schutzwald gepflegt. Der Anteil des **Schutzwaldes LFI4 mit einem waldbaulichen Eingriff in den letzten 10 Jahren** (Indikator 5.2.8) ging vom LFI1 zum LFI2 sehr stark zurück. Vom LFI2 zum LFI3 nahm er geringfügig zu, vom LFI3 zum LFI4 dann allerdings wieder ab. Aktuell beläuft sich der Anteil des Schutzwaldes LFI4 mit einem waldbaulichen Eingriff in den letzten 10 Jahren auf 29 % (Kap. 6, Tab. **225**). Parallel dazu nahm der Schutzwald LFI4 ohne Eingriff in den letzten 50 Jahren seit dem LFI1 stark zu und beträgt im LFI4 ebenfalls 29 % (Kap. 6, Tab. **225**). Spätestens seit der flächendeckenden Einführung von NaiS im Jahr 2008 zielt die Schutzwaldpflege darauf ab, mit minimalen Eingriffen die Schutzwirkung dauerhaft zu gewährleisten. Zum Turnus, in dem diese Eingriffe je nach Bestandesaufbau und Standorttyp durchgeführt werden sollten, liegen derzeit noch keine schweizweit konsolidierten Angaben vor. So lässt sich leider nicht berechnen, welcher Schutzwaldanteil innert zehn Jahren gepflegt werden sollte, womit die Messlatte fehlt, um die beobachteten Entwicklungen beim Indikator 5.2.8 zu bewerten.

Sozioökonomie

Kriterium 6 von Forest Europe

Das Kriterium 6 von Forest Europe lautet «Erhaltung anderer sozioökonomischer Funktionen und Bedingungen». Das LFI liefert nur für zwei der elf Indikatoren von Forest Europe aussagekräftige Informationen.

Die Bewirtschaftungseinheiten sind im Schweizer Wald oft sehr klein, vor allem im Privatwald, was aus betriebswirtschaftlicher Sicht ungünstig ist. Entsprechend ist die Abnahme des Anteils der Bewirtschaftungseinheiten bis 3 ha sowie die Zunahme des Anteils derjenigen mit mehr als 3000 ha positiv zu werten. Für Erholungsuchende ist der Schweizer Wald gut zugänglich. Allerdings nahm die Waldfläche pro Kopf aufgrund der Bevölkerungszunahme ab.



WSL/LFI4

Der **Privatwald** (Indikator 6.1.1, Tab. **244**) hat auch im LFI4 einen Flächenanteil von durchschnittlich 31 % (Kap. 7, Tab. **232**). Dabei bestehen erhebliche regionale Unterschiede. Eine Wertung bezüglich Nachhaltigkeit erlaubt dieser Indikator nicht. Er liefert eher Hintergrundinformation zum gesellschaftlichen Kontext.

Die **Waldfläche der Bewirtschaftungseinheiten bis 3 ha** (Indikator 6.1.2) wurde erstmals im LFI3 erhoben. Ihr Anteil nahm von 15 % im LFI3 (Ulmer *et al.* 2010) auf 13 % im LFI4 (Kap. 7, Tab. **233**) ab. Insgesamt gehören die Bewirtschaftungseinheiten bis 3 ha etwa 245 000 verschiedenen Waldeigentümern (Walker und Artho 2018). In Bezug auf die Erreichung von waldpolitischen Zielen und die Leistungsfähigkeit der Waldwirtschaft ist diese Vielzahl von Akteuren nachteilig. Entsprechend ist die Abnahme des Anteils, den die sehr kleinen Bewirtschaftungseinheiten an der Waldfläche einnehmen, positiv zu werten. Auch als positiv zu beurteilen ist, dass die **Waldfläche der Bewirtschaftungseinheiten mit mehr als 3000 ha** (Indikator 6.1.3) im gleichen Zeitraum um 9 Prozentpunkte zunahm (Kap. 7.1) und sich mittlerweile auf 14 % (Kap 7, Tab. **233**) beläuft.

In Wäldern mit Vorrangfunktion Erholung treten alle anderen Waldfunktionen in den Hintergrund, und die (Wald-)Bewirtschaftung wird auf die Erholungs- und Freizeitnutzung ausgerichtet. Die **Waldfläche mit der Vorrangfunktion Erholung** (Indikator 6.10.1) halbierte sich vom LFI3 zum LFI4 nahezu und beläuft sich noch auf rund 18 000 ha (nicht dargestellt). In den Alpen und auf der Alpensüdseite war die Abnahme deutlich grösser. Dies hat weniger mit veränderten Freizeit- und Erholungsgewohnheiten als mit der anderen Ansprache der Vorrangfunktionen im Zuge der Harmonisierung der Schutzwaldausscheidungen der Kantone zu tun (siehe Indikatoren zum Schutzwald). Eine Bewertung bezüglich Nachhaltigkeit ist darum auch nicht möglich. Ohnehin ist davon auszugehen, dass ein grosser Teil der Freizeit- und Erholungsaktivitäten in siedlungsnahen Wäldern mit anderen Vorrangfunktionen stattfindet.

Die **Waldfläche pro Kopf der Bevölkerung** (Indikator 6.10.2) nahm vom LFI2 zum LFI4 signifikant ab und liegt im LFI4 landesweit bei 0,16 ha (Kap. 7, Tab. **236**). Die Abnahme ist darauf zurückzuführen, dass die Bevölkerung rascher als die Waldfläche zunahm. Sie ist aus Sicht der Erholungsuchenden negativ zu werten.

Die meisten Erholungsuchenden bewegen sich im Wald auf Waldstrassen. Eine gute Erschliessung mit Waldstrassen ist daher für die Erholung Voraussetzung. Als erschlossen werden Waldgebiete betrachtet, die höchstens 200 m von der nächsten Strasse entfernt liegen. Im LFI4 beträgt die **erschlossene Waldfläche pro Kopf der Bevölkerung** (Indikator 6.10.3) durchschnittlich 0,08 ha (Kap. 7, Tab. **236**), deutlich weniger als im LFI2 und im LFI3. Die Abnahme, die gerade in den Ballungsräumen wegen der Bevölkerungszunahme gross war, ist hinsichtlich der Erholungsnutzung negativ zu werten.

8.2 Schweizer Wald im internationalen Vergleich

- In diesem Kapitel wird die Schweiz mit standörtlich ähnlichen europäischen Ländern, alles Alpenländer, bezüglich der Nachhaltigkeit im Wald verglichen. Als Grundlage dienen jene Indikatoren von Forest Europe, die durch das LFI abgedeckt sind.
- Die Daten aus den verschiedenen Ländern sind methodenbedingt nur beschränkt vergleichbar. Eine qualitative Wertung ist aber möglich.
- Die Waldressourcen entwickelten sich in Europa, in den verglichenen Ländern und in der Schweiz ähnlich: Waldfläche, Holzvorrat und Kohlenstoffvorrat nahmen leicht zu.
- Bezüglich Gesundheit und Vitalität sind internationale Vergleiche aus methodischen Gründen nicht möglich. Der Anteil geschädigter Wälder war im Berichtszeitraum überall gering.
- Die Nutzung im Verhältnis zum Zuwachs ist in der Schweiz ähnlich hoch wie in Tschechien und Deutschland, aber geringer als in Österreich, das den Zuwachs zu 94% ausschöpft.
- Bei den Indikatoren zur biologischen Vielfalt der Wälder verzeichnet die Schweiz hohe Werte, insbesondere beim Totholzvolumen. Der Anteil geschützter Wälder ist im europäischen Vergleich aber tief.
- Der Anteil Wald, der vor Naturgefahren schützt, ist in der Schweiz überdurchschnittlich hoch.
- Die Schweiz weist einen vergleichsweise geringen Privatwaldanteil auf. Die Waldfläche pro Kopf der Bevölkerung ist wie in den Nachbarländern Deutschland und Italien relativ klein.

WSL/LFI4

Datengrundlage

Die Vergleichsdaten stammen aus dem vierten Bericht über den Zustand der Wälder in Europa («State of Europe's Forests»), den Forest Europe, die Welternährungsorganisation (FAO) und das Europäische Forstinstitut (EFI) im Jahr 2015 gemeinsam herausgegeben haben (Forest Europe 2015b). Der Bericht zeichnet im Hauptteil ein Gesamtbild für die am Prozess beteiligten Länder in Europa ohne Russland. Im umfangreichen Tabellensatz im Anhang sind dann Angaben zu allen 46 beteiligten Ländern (inkl. Russland und aller Stadtstaaten) aufgeführt. Die Mehrheit der im Bericht enthaltenen Angaben wurde mithilfe von zwei Fragebogen bei den nationalen Korrespondenten erfasst. Für manche Länder wurden die Daten auch von der UNECE/FAO-Timber-Section auf Basis der Angaben zum Global Forest Resources Assessment 2015 der FAO zusammengestellt. Die Angaben für Russland wurden aus dem Vorläuferbericht (MCPFE 2011) übernommen, was der Grund dafür ist, dass sie nur im Tabellensatz im Anhang aufgeführt sind.

In Tabelle **245** sind Ergebnisse des LFI4 den Ergebnissen für **Österreich** (AT), **Tschechien** (CZ), **Deutschland** (DE), **Frankreich** (FR), **Italien** (IT), **Slowenien** (SL) und die **Slowakei** (SK) gegenübergestellt, wie sie im Tabellensatz im Anhang des Berichts von Forest Europe (2015b) für das Stichjahr 2015 (manchmal auch 2010) aufgeführt sind. Diese Vergleichsländer aus dem Alpenraum wurden gewählt, weil sie der Schweiz klimatisch und standörtlich ähnlich sind. In Österreich, Deutschland, Frankreich und Italien stammen die Ergebnisse im Wesentlichen aus stichprobenbasierten nationalen Waldinventuren, in Tschechien, in der Slowakei und in Slowenien dagegen mehrheitlich bis vollständig aus einer bestandesbasierten Walddatenbank. Die Erhebungen für diese Angaben fanden in den einzelnen Ländern zu unterschiedlichen Zeitpunkten statt.

Vergleichbarkeit

Mehrere Faktoren schränken die Vergleichbarkeit der Inventuren ein und müssen bei der Interpretation der Resultate berücksichtigt werden.

Erstens beziehen sich die Indikatoren jeweils auf das gesamte Waldareal des Landes, sind also mittlere Grössen über unterschiedliche Waldstandorte.

Zweitens werden die Indikatoren in den einzelnen Ländern unterschiedlich interpretiert, obwohl sie in sogenannten Referenzdefinitionen detailliert beschrieben sind. Diese Unterschiede haben auch mit unterschiedlichen nationalen Erhebungsmethoden und Definitionen zu tun. Der Prozess der Harmonisierung von Nationalinventurdaten ist relativ jung und beruht wesentlich auf der freiwilligen Mitarbeit der Länder in Expertengremien. Eine wichtige Rolle spielt dabei das 2003 gegründete European National Forest Inventory Network (ENFIN), ein informeller Zusammenschluss der nationalen Waldinventuren in Europa. Mitglieder des ENFIN sind im «UNECE/FAO Team of Specialists on Monitoring Sustainable Forest Management» vertreten und arbeiten laufend an der Verbesserung der Indikatoren und deren Definitionen. Die

Schweiz engagiert sich in beiden Gremien auch mit Vertretern aus dem LFI.

Drittens müssen die Indikatoren für bestimmte Zeitpunkte angegeben werden. Hierfür sollen die bestehenden Inventurdaten möglichst inter- oder extrapoliert werden.

Viertens sind die Länderangaben bei verschiedenen Indikatoren unvollständig. Um die Verlässlichkeit der Angaben abschätzen zu können, wird daher im nachfolgenden Vergleich jeweils die Anzahl Länder, auf der die Angabe beruht, angegeben. Bei einzelnen Indikatoren war die Rücklaufquote aber so gering, dass auf die Angabe eines Durchschnittswerts für Europa verzichtet werden musste.

Trotz dieser Schwierigkeiten erlaubt der Bericht von Forest Europe (2015b), die Nachhaltigkeit im europäischen Wald einzuschätzen und regional unterschiedliche Verhältnisse und Entwicklungen zu erkennen.

Kriterium 1: Waldressourcen

Bei Forest Europe und in anderen internationalen Statistiken werden zwei Waldformen unterschieden: «Wald» (forest) und «andere bewaldete Flächen» (other wooded land, OWL). Einige Indikatoren werden auch nur für den Wald angegeben, der für die Holzproduktion verfügbar ist (forest available for wood supply; FAWS). Die international verwendeten Bezeichnungen werden im LFI wie folgt interpretiert:

- «Wald» (forest) = Wald ohne Gebüschwald
- «andere bewaldete Flächen» (OWL) = Gebüschwald
- «für Holzproduktion verfügbarer Wald» (FAWS) = zugänglicher Wald ohne Gebüschwald.

In Europa (Angaben immer ohne Russland) sind 215 Mio. ha **Wald** und 36 Mio. ha andere **bewaldete Flächen (OWL)** vorhanden (Angabe aller 45 Länder; 2015). Der Waldanteil liegt damit bei 33%, der OWL-Anteil bei 6%. Von 2005 bis 2015 nahm allein die Waldfläche – ohne OWL – um rund 6,3 Mio. ha oder 0,3% pro Jahr zu. Die Zunahme entspricht etwa der 1,5-fachen Fläche der Schweiz. Die Schweiz liegt bezüglich Waldanteil (Wald ohne Gebüschwald: 30%, Gebüschwald: 2%) und Waldflächenveränderung (0,3% pro Jahr) ziemlich genau im europäischen Durchschnitt. In den Vergleichsländern ist der Waldanteil in Slowenien, Österreich und in der Slowakei bedeutend höher als in der Schweiz (Tab. **245**). In Deutschland, Österreich, Slowenien, Tschechien und in der Slowakei nahm die Waldfläche weniger stark zu als in der Schweiz, in Frankreich und Italien hingegen deutlich stärker.

Der **Vorrat** im europäischen Wald beträgt rund 35 Mrd. m^3 (43 Länder, 2015). Davon stehen 84% auf Waldflächen, die für die Holznutzung verfügbar sind. Die zwei zentraleuropäischen Regionen (die Schweiz gehört zur Region Zentral-West-Europa) weisen Hektarvorräte von 237 und 238 m^3/ha auf. Im Vergleich dazu sind die Vorräte in Nordeuropa (Skandinavien) mit 116 m^3/ha, Süd-West-Europa (Iberische Halbinsel und Italien) mit 90 m^3/ha und Süd-Ost-Europa (Balkan-Türkei) mit 42 m^3/ha viel geringer. Von den Vergleichsländern weist die Schweiz mit 350 m^3/ha den höchsten Vorrat auf, gefolgt von Slowenien (346 m^3/ha) und Deutschland (321 m^3/ha; Tab. **245**). Der Vorrat pro Hektare Wald ist in fast allen Ländern Europas angestiegen. Die jährliche Veränderungsrate lag im europäischen Durchschnitt bei 1,3%. Von den Vergleichsländern weisen Italien, Slowenien und Frankreich mit Werten zwischen 1,3 und 1,7% die grössten Vorratszunahmen pro Hektare und Jahr auf. In der Schweiz (0,4%), in Österreich und Deutschland (beide 0,5%) sind sie am kleinsten. Hauptgrund dafür ist, dass in diesen drei Ländern der Nettozuwachs zum Grossteil genutzt wird (siehe Kriterium 3).

Die Biomasse und damit der **Kohlenstoffvorrat** leiten sich im Wesentlichen vom Gesamtholzvolumen ab. Insgesamt sind im europäischen Wald 12,5 Mrd. t Kohlenstoff gespeichert (43 Länder, 2015), davon 80% in der oberirdischen Biomasse und 20% in der unterirdischen (Wurzeln). Zwischen 2005 und 2015 nahm der Kohlenstoffvorrat in Europa um 167 Mio. t zu. Dies entspricht einer jährlichen Zuwachsrate von 1,5%. In der Schweiz wie auch in Österreich war die Rate mit 0,4% wesentlich geringer.

Zur Beurteilung des Altersaufbaus wurde der gleichaltrige Wald von Forest Europe im Jahr 2015 erstmals in die drei Klassen «Jungbestände» (der erste Fünftel der Umtriebszeit), «Übergangsphase» und «Reifephase» eingeteilt. Betrachtet wird hier der **Anteil Jungbestände** im für die Holzproduktion verfügbaren Wald, zu dem aus lediglich drei Vergleichsländern Angaben vorliegen (Tab. **245**). Diese bewegen sich im Bereich von 8,2% (Slowenien) bis 16,9% (Tschechien). In der Schweiz beträgt der Anteil Jungbestände nach der Definition von Forest Europe 10% im gleichaltrigen Wald. Auf nationaler Ebene verwendet das LFI weiterhin den Indikator 1.3.1 «Anteil Jungbestände (Alter ≤ 60 Jahre) im gleichaltrigen Wald», weil sich dieser Indikator direkt mit dem Idealwert aus dem Altersklassenmodell vergleichen lässt und für das LFI4 zeigt, dass der optimale Jungwaldanteil schon fast erreicht ist.

Kriterium 2: Gesundheit und Vitalität

Auch zum Indikator **Anteil Wald mit Schäden** haben nur drei Vergleichsländer Angaben geliefert (Tab. **245**). In Tschechien und der Schweiz sind knapp 3% des Waldes von abiotischen (Sturm, Feuer, Schnee, Trockenheit) oder biotischen (Insekten, Krankheiten, Schalenwild, Mensch) Schäden betroffen. In der Slowakei (1,3%) und in Slowenien (0,1%) sind die Anteile laut den Angaben im Bericht von Forest Europe (2015b) deutlich geringer.

Kriterium 3: Holzproduktion

Die Holzproduktion in Europa wird von wenigen Ländern geprägt. In Deutschland, Finnland und Frankreich ist der jährliche Holzzuwachs (Nettozuwachs) mit Abstand am grössten. In Deutschland liegt das nicht nur an der Grösse der Waldfläche, sondern auch an der überdurchschnittlichen Produktivität der Wälder. So gehört Deutschland zusammen mit Irland und Dänemark zu den drei Ländern, bei denen der **Nettozuwachs** über 10 m^3/ha/Jahr liegt. In der Schweiz beläuft sich der Nettozuwachs wie in Österreich und in der Slowakei auf etwa 7,5 m^3/ha/Jahr (Tab. **245**). In Frankreich und Italien ist er mit 5,3 und 4,1 m^3/ha/Jahr deutlich tiefer.

Im Durchschnitt der europäischen Länder wurden im für die Holznutzung verfügbaren Wald etwa 65% des Nettozuwachses abgeschöpft (35 Länder; Stichjahr 2010). Das **Verhältnis von Nutzung zu Nettozuwachs** ist in der Schweiz mit 83% damit deutlich höher. Bei den Vergleichsländern liegt die Nutzungsrate in Deutschland (80%) und in Tschechien (85%) in einem ähnlichen Bereich wie in der Schweiz. In Österreich ist sie mit 94% deutlich höher, in Frankreich (47%), Italien (39%) und Slowenien (37%) sehr viel tiefer.

Der **Anteil des Waldes mit Bewirtschaftungsplan** (Betriebsplan, Waldentwicklungsplan, anderes forstliches Planungswerk) lag in Europa im Jahr 2010 bei etwa 70% (35 Länder). In Österreich, Tschechien, Slowenien und in der Slowakei waren im Stichjahr 2010 für 100% der Waldfläche forstliche Planungswerke vorhanden, in Frankreich und Deutschland dagegen nur für 45% bzw. 66%. Die Schweiz bewegt sich mit einem Anteil von 89% zwischen den beiden Polen. Nicht nur in Europa, sondern auch in der Schweiz hat der Anteil des Waldes mit vorhandenen Planungswerken im letzten Jahrzehnt zugenommen.

Kriterium 4: Biologische Vielfalt

Bei vielen Indikatoren zur biologischen Vielfalt schneidet die Schweiz vergleichsweise gut ab, was zu einem Teil mit der jahrzehntelangen Praxis eines naturnahen Waldbaus zusammenhängen dürfte.

Der **Anteil des Waldes mit 4 und mehr Baumarten** in der Oberschicht beträgt in Europa 18% (33 Länder, 2010). In der Schweiz ist der Anteil mit 34% deutlich höher. Von fünf der sieben Vergleichsländer sind Angaben zu diesem Indikator verfügbar (Tab. **245**). Von diesen ist der Anteil der Waldfläche mit 4 und mehr Baumarten in der Slowakei (35%) etwa gleich wie in der Schweiz, in Tschechien ist er gar noch etwas höher (39%). In Slowenien (24%), Frankreich (19%) und besonders in Österreich (6%) ist er deutlich tiefer. In Österreich kommen gar auf 44% der Waldfläche **Reinbestände** vor (Tab. **245**). In der Schweiz sind wie in Slowenien, Tschechien und in der Slowakei solche nur auf etwa 16% der Waldfläche vorhanden. Im europäischen Durchschnitt haben Reinbestände zwischen 1990 und 2010 ab- und Mischbestände zugenommen. Das war auch in der Schweiz so (Kap. 5, Gehölzartenzahl).

Der **Anteil Naturverjüngung** und der **Anteil Pflanzung an der Verjüngungsfläche** sind gute Indikatoren für die in den verschiedenen Ländern verfolgte Waldbaupraxis. Im Vergleich mit den Nachbarländern ist der Anteil Naturverjüngung in der Schweiz mit 95% am höchsten (Tab. **245**). Dicht auf folgen aber Österreich (90%) und Deutschland (87%). In Tschechien werden Verjüngungsflächen dagegen in über 80% bepflanzt.

Der **Anteil Plantagen an der Waldfläche** beläuft sich in Europa auf etwa 9% (40 Länder, 2015). In den Vergleichsländern ist der Anteil in Österreich (7%), Italien (7%) und Frankreich (12%) bedeutend (Tab. **245**). In der Schweiz beträgt er wie in Deutschland und Tschechien weniger als 0,1%.

Der **Anteil der von eingeführten Baumarten dominierten Waldfläche** liegt im europäischen Durchschnitt bei 4,4% (32 Länder, 2015). Dabei reicht die Spanne in den einzelnen Ländern von 0% (Lettland, Estland) bis nahezu 70% (Irland). In der Schweiz beträgt der von eingeführten Baumarten dominierte Waldflächenanteil weniger als 0,5% (Tab. **245**). In den Vergleichsländern ist er überall höher – in Tschechien (0,9%), Österreich (1,2%) und Deutschland (1,9%) nur wenig, in Frankreich (7,5%) dagegen viel. Der von eingeführten Baumarten dominierte Waldflächenanteil hat sich im europäischen Durchschnitt wie auch in der Schweiz in den letzten zehn Jahren nicht verändert.

Zum **Volumen des stehenden und liegenden Totholzes** (Totholzvolumen) stehen Angaben von 28 der 45 Länder (Jahr 2010) zur Verfügung. Im Durchschnitt beläuft sich das Totholzvolumen auf 11,5 m^3/ha. Mit 24,2 m^3/ha zählt das Totholzvolumen in der Schweiz zu den höchsten in Europa (Tab. **245**). In den Vergleichsländern wird es nur von demjenigen in der Slowakei übertroffen, das mit 40,6 m^3/ha den absoluten Rekord in Europa hält. Zu beachten bei diesen Vergleichen ist allerdings, dass das ausgewiesene Totholzvolumen stark davon abhängt, ab welchem Schwellenwert das Totholz aufgenommen wird (Böhl und Brändli 2007), und dieser Schwellenwert variiert von Land zu Land. In allen Vergleichsländern mit verfügbaren Daten hat das Totholzvolumen zwischen 2000 und 2010 zugenommen. Die Zunahmen bewegen sich zwischen 0,9 m^3/ha (Italien) und 9,1 m^3/ha (Deutschland). Die Schweiz liegt mit einer Zunahme von 4,0 m^3/ha zwischen LFI3 und LFI4 in der Mitte.

In Europa werden drei Kategorien von streng geschützten Wäldern geführt: 1.1, «Kein aktiver Eingriff», 1.2, «Minimale Eingriffe», und 1.3, «Schutz durch gezielte Bewirtschaftung». Die Kategorien 1.1 und 1.2 werden für den vorliegenden Bericht zur Kategorie «Schutzgebiete ohne waldbauliche Eingriffe» zusammengefasst. Zu dieser Kategorie werden die Schweizer Naturwaldreservate sowie der Wald im Nationalpark gezählt. Die Schweizer Sonderwaldreservate gehören dagegen der Kategorie 1.3 an. Nicht in allen Ländern erfolgt die Zuordnung gleich. Zum Beispiel haben Deutschland und Spanien zum Teil auch Natura-2000-Gebiete der Schutzkategorie 1.3 zugewiesen. In Europa (22 Länder, Stichjahr 2015) beträgt der **Anteil der geschützten Wälder** insgesamt (Kategorien 1.1–1.3) 12,2%. In der Schweiz ist der entsprechende Anteil mit 5,8% deutlich tiefer (Tab. **245**). Von den Vergleichsländern hat nur die Slowakei (3,6%) einen noch geringeren Anteil. In Italien ist der Anteil geschützter Wälder mit 32,8% am höchsten, wobei von diesem Anteil mehr als die Hälfte (17,5%) auf Schutzgebiete ohne waldbauliche Eingriffe (Kategorien 1.1 und 1.2) entfällt. In der Schweiz beläuft sich der Anteil Schutzgebiete ohne waldbauliche Eingriffe dagegen auf lediglich 3,7%. Noch geringer ist dieser Anteil allerdings in Deutschland (1,9%) und in Österreich (0,7%), und Frankreich weist überhaupt keine Schutzgebiete ohne waldbauliche Eingriffe aus. In den letzten Jahren hat der Anteil der geschützten Wälder in Europa wie auch in der Schweiz zugenommen.

Kriterium 5: Schutzwald

Der Anteil des Waldes und der anderen bewaldeten Flächen, die für den **Schutz von Boden, Trinkwasser oder anderen Ökosystemleistungen** eine besondere Rolle spielen, reicht laut den Angaben der europäischen Länder (27 Länder, 2015) von 0% (Zypern, Dänemark, Grossbritannien) bis 87% (Italien) und führt zur Vermutung, dass die Zuordnung nicht

nach den gleichen Grundsätzen erfolgt. In der Schweiz werden seit dem LFI4 für diesen Indikator ausschliesslich diejenigen Wälder berücksichtigt, die in einer rechtskräftigen Grundwasserschutzzone liegen. Ihr Anteil ist seit dem LFI3 angestiegen und beträgt neu 10% (Tab. **245**). Die Entwicklung in Europa lässt sich nicht beurteilen.

Lediglich 23 Länder waren in der Lage, Angaben zum Indikator **«Schutzwald – Infrastruktur und bewirtschaftete Ressourcen»** zu machen, und von diesen bereitete es vielen Mühe, zwischen der Funktion des Waldes zum Schutz von Menschenleben und Sachwerten vor Naturgefahren (Indikator 5.2) und jener zum Schutz von Boden, Trinkwasser und weiteren Ökosystemleistungen (Indikator 5.1) zu unterscheiden. Entsprechend wenig vertrauenserweckend ist die Angabe, dass lediglich 1,5% des Waldes in Europa vor Naturgefahren schützen sollen. In der Schweiz wird seit dem LFI4 der Wald nach LFI-Definition, der innerhalb des Schutzwaldperimeters gemäss «SilvaProtect-CH» (Losey und Wehrli 2013) liegt, berücksichtigt. Dieser macht 42% der Waldfläche aus (Tab. **245**).

Kriterium 6: Sozioökonomie

In Europa beläuft sich der **Anteil Privatwald** auf knapp 50%, in den Vergleichsländern mehrheitlich gar auf über 60% (Tab. **245**). Im Vergleich dazu ist der Privatwaldanteil in der Schweiz mit 31% bescheiden. Würde man den öffentlichen Wald ohne Steuerhoheit (Wald von Bürgergemeinden und Korporationen) als Privatwald betrachten, wie das die FAO (2015) für das Global Forest Resources Assessment tut, dann würde der Privatwaldanteil in der Schweiz mit 72% (Kap. 7, Tab. **231**) deutlich über dem europäischen Durchschnittswert liegen. Von den Vergleichsländern hat nur Tschechien mit 23% einen noch geringeren Privatwaldanteil als die Schweiz.

In Europa sind 82% des Waldes zugänglich für Erholungszwecke (32 Länder; Stichjahr 2010). Aufgrund des freien Betretungsrechts (Art. 699 ZGB) sind in der Schweiz im Prinzip alle Wälder für die Erholung offen. Ausnahmen bestehen für wenige Schutzgebiete, zum Beispiel für den Nationalpark, in denen man die Wege nicht verlassen darf. Knapp 6% der Wälder in Europa weisen die **Vorrangfunktion Erholung** auf (25 Länder, 2010). In den Vergleichsländern ist der Anteil geringer und bewegt sich wie in der Schweiz in einem Bereich von 1 bis 2%.

Pro Kopf der Bevölkerung beträgt die Waldfläche in der Schweiz 0,16 ha. Ähnlich tief sind die Werte für Deutschland und Italien. In den waldreichen Ländern Slowakei (0,36 ha), Österreich (0,47 ha) und Slowenien (0,62 ha) sind sie deutlich höher.

WSL/LFI4

245 Ausgewählte Indikatoren von Forest Europe im internationalen Vergleich

Quellen: Nachbarländer: Forest Europe (2015b): Zustände für Stichjahr 2015 oder 2010, Veränderungen für Periode 2005–2015 oder 2000–2010
Schweiz: LFI: Zustände für LFI4, Veränderungen für LFI3–LFI4

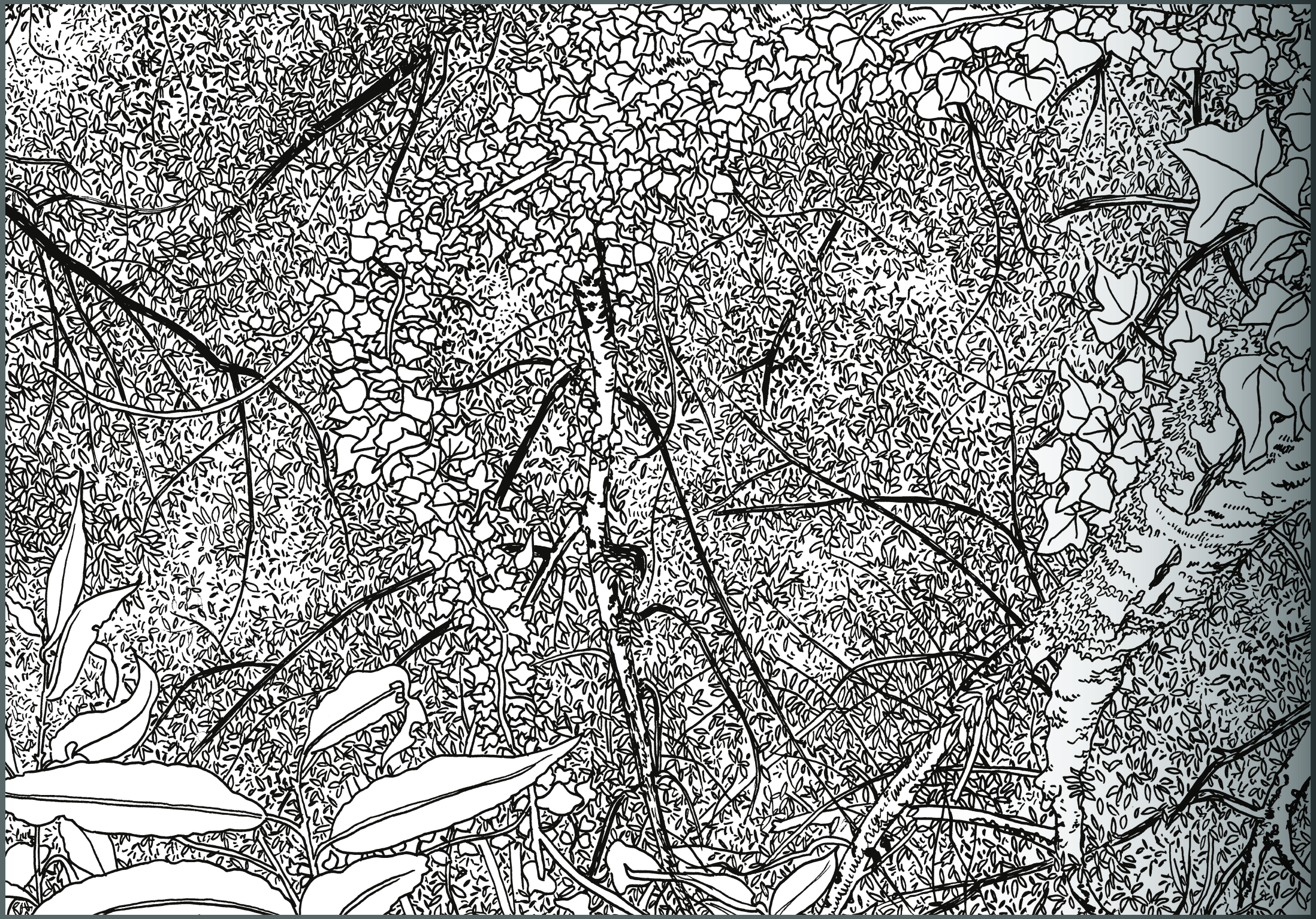
Nummer	Indikator (Bezeichnung von Forest Europe)	Einheit	Land							
			Schweiz	AT	CZ	DE	FR	IT	SK	SL
	Landfläche*	1000 ha	4128	8244	7722	34861	54766	29414	4810	2014
	Bevölkerung	1000 P.	8417,9	8473,8	10521,5	80621,8	66028,5	59831,1	5414,1	2060,5
1.1	Wald und andere bewaldete Flächen**									
	Fläche	1000 ha	1317	4022	2667	11419	17579	11110	1940	1271
	Anteil an Landfläche	%	31,9	48,8	34,5	32,8	32,1	37,8	40,3	63,1
	Veränderung, jährliche Rate	%/Jahr	0,3	0,1	0,1	0,0	0,5	0,6	0,0	0,0
	Wald**									
	Fläche	1000 ha	1245	3869	2667	11419	16989	9297	1940	1248
	Anteil an Landfläche	%	30,2	46,9	34,5	32,8	31,0	31,6	40,3	62,0
	Veränderung, jährliche Rate	%/Jahr	0,3	0,0	0,1	0,0	0,7	0,6	0,0	0,0
	andere bewaldete Flächen**									
	Fläche	1000 ha	72	153	0	0	590	1813	0	23
	Anteil an Landfläche	%	1,7	1,9	0,0	0,0	1,1	6,2	0,0	1,1
	Veränderung, jährliche Rate	%/Jahr	0,6	2,0	0,0	0,0	–3,3	0,6	0,0	–2,1
	Wald für Holzproduktion verfügbar**									
	Fläche	1000 ha	1202,2	3339,0	2300,8	10888,0	16018,0	8216,5	1785,0	1139,0
	Anteil an Landfläche	%	29,1	40,5	29,8	31,2	29,2	27,9	37,1	56,6
	Veränderung, jährliche Rate	%/Jahr	0,3	0,0	-0,9	0,0	0,5	0,6	0,2	–0,2
1.2	Vorrat									
	absolut	Mio. m^3	421	1155	791	3663	2860	1385	532	432
	pro Hektare	m^3/ha	350	299	297	321	168	149	274	346
	Veränderung, jährliche Rate	%/Jahr	0,4	0,5	0,7	0,5	1,3	1,7	0,7	1,4
1.3	Jungbestände im gleichaltrigen Wald***	%	10,0	14,1	16,9	k.A.	k.A.	k.A.	8,2	k.A.
1.4	Kohlenstoff (in Biomasse und Totholz)									
	Vorrat	Mio. t	155	398	383	1218	1364	670	234	146
	Veränderung, jährliche Rate	%/Jahr	0,4	0,4	0,8	0,9	1,7	1,8	0,7	1,1
2.4	Anteil Wald mit Schäden	%	2,4	k.A.	2,8	k.A.	k.A.	k.A.	1,3	0,1

* Schweiz: Landesfläche inkl. Binnengewässer
** Erläuterungen zu den verschiedenen Waldformen und deren Auslegung im LFI siehe Seite 306 (Abschnitt «Kriterium 1: Waldressourcen»)
*** 20. Perzentil der Umtriebszeit
**** ohne Waldeinwuchs/Aufforstung
Länder: AT: Österreich, CZ: Tschechien, DE: Deutschland, FR: Frankreich, IT: Italien, SK: Slowakei, SL: Slowenien k.A. keine Angaben

245 Fortsetzung

Nummer	Indikator (Bezeichnung von Forest Europe)	Einheit	Land							
			Schweiz	AT	CZ	DE	FR	IT	SK	SL
3.1	Nettozuwachs									
	absolut	1000 m^3/Jahr	9136	25136	20463	118590	82871	32543	13465	9165
	pro Hektare	m^3/ha/Jahr	7,6	7,5	8,9	10,9	5,3	4,1	7,6	k.A.
	Nutzung									
	absolut	1000 m^3/Jahr	7587	23511	17436	95171	39172	12755	10427	3401
	pro Hektare	m^3/ha/Jahr	6,5	7,0	7,5	8,7	2,5	1,6	5,9	k.A.
	Verhältnis von Nutzung zu Nettozuwachs	%	83	94	85	80	47	39	77	37
3.5	Anteil Wald mit Bewirtschaftungsplan	%	89	100	100	66	45	91	100	100
4.1	Anteil Wald mit 1 Baumart (Reinbestände)	%	16,5	43,5	16,5	k.A.	27,4	k.A.	16,6	14,6
	Anteil Wald mit 4 und mehr Baumarten	%	33,8	6,1	39,4	k.A.	19,3	k.A.	35,4	24,1
4.2	Anteil Naturverjüngung an der Verjüngungsfläche****	%	92,8	90,2	18,6	86,5	k.A.	52,6	35,4	75,6
	Anteil Pflanzung an der Verjüngungsfläche****	%	7,2	9,8	81,4	13,5	k.A.	47,4	64,6	24,4
4.3	Anteil Plantagen	%	0,1	7,2	0,0	0,0	11,6	6,9	1,0	2,7
4.4	Anteil der von eingeführten Baumarten dominierten Waldfläche	%	0,5	1,2	0,9	1,9	7,5	3,7	2,9	k.A.
4.5	Totholzvolumen (stehend und liegend)									
	Zustand	m^3/ha	24,2	20,3	11,6	20,6	k.A.	9,2	40,6	19,8
	Veränderung	m^3/ha/Jahr	0,5	0,7	k.A.	0,9	k.A.	0,1	k.A.	0,5
4.9	Geschützte Wälder									
	Anteil Kategorien 1.1 und 1.2 (in Schweiz Naturwaldreservate)	%	3,1	0,7	4,9	1,9	0,0	17,5	3,6	8,5
	Anteil Kategorie 1.3 (in Schweiz Sonderwaldreservate)	%	2,7	11,7	1,2	27,0	k.A.	15,3	0,0	6,1
	Total	%	5,8	12,5	6,1	29,0	k.A.	32,8	3,6	14,6
5.1	Anteil Schutzwald – Boden, Wasser und andere Ökosystemfunktionen (in Schweiz Grundwasserschutzzonen)	%	10,4	20,7	10,4	48,2	k.A.	83,6	18,1	k.A.
5.2	Anteil Schutzwald – Infrastruktur und bewirtschaftete natürliche Ressourcen (in Schweiz Wald LFI4 in Perimeter «SilvaProtect-CH»)	%	42,1	9,6	11,7	k.A.	k.A.	0,5	0,2	k.A.
6.1	Anteil Privatwald	%	31,2	65,5	23,4	48,0	75,3	66,4	40,5	74,7
6.10	Anteil Wald mit Vorrangfunktion Erholung	%	1,4	1,1	1,1	2,0	k.A.	k.A.	1,3	2,2
	Waldfläche pro Kopf der Bevölkerung	ha	0,16	0,47	0,25	0,14	0,27	0,19	0,36	0,62

WSL/LFI4



9 Anhang

Barbara Allgaier Leuch, Urs-Beat Brändli,
Sandra Gurzeler, Simon Speich

9.1 Literaturverzeichnis

Allgaier Leuch, B.; Streit, K.; Brang, P., 2017: Naturnaher Waldbau im Klimawandel. Merkbl. Prax. 59.1. 8 S.

Altwegg J.; Schoop A.; Hofer P., 2010: Klären von Differenzen zwischen Holznutzungsmengen nach Forststatistik und nach LFI. Technischer Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). Zürich, GEO-Partner AG. 82 S.

Badoux, E., 1983: Ertragstafeln. Tables de production. Buche. Hêtre (3rd ed.). Birmensdorf, Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen.

BAFU (Bundesamt für Umwelt), 2013a: Waldpolitik 2020. Visionen, Ziele und Massnahmen für eine nachhaltige Bewirtschaftung des Schweizer Waldes. Bern, Bundesamt für Umwelt. 66 S.

BAFU (Bundesamt für Umwelt), 2013b: Geodatensatz zu Grundwasserschutzzonen, Stand April 2013. Bern, Bundesamt für Umwelt. Unveröffentlicht.

BAFU (Bundesamt für Umwelt), 2019: Zustand und Entwicklung Grundwasser Schweiz. Ergebnisse der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA, Stand 2016. Umwelt-Zustand 1901. 142 S.

Bässler, C.; Müller, J., 2010: Importance of natural disturbance for recovery of the rare polypore Antrodiella citrinella Niemelä & Ryvarden. Fungal Biol. 114: 129–133.

Bättig, C.; Bächtiger, C.; Bernasconi, A.; Brändli, U.-B.; Brassel, P., 2002: Landesforstinventar. Wirkungsanalyse zu LFI1 und 2 und Bedarfsanalyse für das LFI3. Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Umweltmaterialien Nr. 143. 89 S.

Bauerhansl, C.; Berger, F.; Dorren, L.; Duc, P.; Ginzler, C.; Kleemayr, K.; Koch, V.; Koukal, T.; Mattiuzzi, M.; Perzl, F.; Prskawetz, M.; Schadauer, K.; Schneider, W.; Seebach, L., 2010: Development of Harmonized Indicators and Estimation Procedures for Forests with Protective Functions against Natural Hazards in the Alpine Space. Luxembourg, Publications Office of the European Union 24127 EN. 181 S.

BDM (Koordinationsstelle Biodiversitäts-Monitoring Schweiz), 2009: Zustand der Biodiversität in der Schweiz. Ergebnisse des Biodiversitäts-Monitorings Schweiz (BDM) im Überblick. Bern, Bundesamt für Umwelt. 112 S.

Bernath, K.; Kissling, I.; von Felten, N.; Salathé, M.; Hallenbarter, D., 2013: Evaluation Landesforstinventar 3. Schlussbericht 21. März 2013. Im Auftrag von WSL und BAFU. Zollikofen, Ernst Basler + Partner AG. 62 S. Unveröffentlicht.

BFS (Bundesamt für Statistik), 2009: Daten der Arealstatistik 2004/09. Neuenburg, BFS.

BFS (Bundesamt für Statistik), 2013: Die Bodennutzung in der Schweiz. Resultate der Arealstatistik. Neuenburg, Bundesamt für Statistik. 23 S.

BFS (Bundesamt für Statistik), 2016: Schweizerische Forststatistik. Steckbrief. Neuenburg, Bundesamt für Statistik. 2 S. www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/land-forstwirtschaft/erhebungen/fs.assetdetail.7017.html (12.4.2019)

BFS (Bundesamt für Statistik), 2018: Forstwirtschaft der Schweiz. Taschenstatistik 2018. Neuenburg, Bundesamt für Statistik. 7 S.

BFS (Bundesamt für Statistik), 2019a: Schweizerische Forststatistik. www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/land-forstwirtschaft/erhebungen/fs.assetdetail.7017.html (14.8.2019)

BFS (Bundesamt für Statistik), 2019b: Testbetriebsnetz (TBN). Steckbrief. Neuenburg, Bundesamt für Statistik. 1 S. www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/land-forstwirtschaft/erhebungen/tbn.assetdetail.7166707.html (12.4.2019)

Bischof, S.; Stüdeli-Fey, E.; Meile, R., 2019: Raw data collection software in the Swiss NFI. In: Fischer, C.; Traub, B. (eds) Swiss National Forest Inventory – Methods and models of the fourth assessment. Cham, Springer. 377–401. doi:10.1007/978-3-030-19293-8_23

Böhl, J.; Brändli, U.-B., 2007: Deadwood volume assessment in the third Swiss National Forest Inventory: methods and first results. Eur. J. For. Res. 126: 449–457.

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., 1996: Die häufigsten Waldbäume der Schweiz. Ergebnisse aus dem Landesforstinventar 1983–85: Verbreitung, Standort und Häufigkeit von 30 Baumarten. Ber. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee und Landsch. 342 (2nd ed.). 278 S.

Brändli, U.-B., 2000: Waldzunahme in der Schweiz – gestern und morgen. Inf.bl. Forsch.bereich Landsch. 45: 1–4.

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., 2005a: Totholz. In: WSL, BUWAL (eds) Waldbericht 2005. Zahlen und Fakten zum Zustand des Schweizer Waldes. Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL; Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 84–85.

Brändli, U.-B., 2005b: Totholzaufnahme. In: Keller, M. (Red.) Schweizerisches Landesforstinventar. Anleitung für die Feldaufnahmen der Erhebung 2004–2007. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 127–134.

Brändli, U.-B., 2006: LFI Umsetzung. LFI Info 6: 1–4.

Brändli, U.-B. (Red.), 2010: Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004–2006. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft; Bern, Bundesamt für Umwelt. 312 S.

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.; Brang, P., 2015: Naturnähe. In: Rigling, A.; Schaffer, H.P. (Red.) Waldbericht 2015. Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes. Bern, Bundesamt für Umwelt; Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 76–77.

Brändli, U.-B.; Cioldi, F., 2015: Altersaufbau und Bestandesstruktur. In: Rigling, A.; Schaffer, H.P. (Red.) Waldbericht 2015. Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes. Bern, Bundesamt für Umwelt; Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 34–37.

Brändli, U.-B.; Hägeli, M., 2019: Swiss NFI at a Glance. In: Fischer, C.; Traub, B. (eds) Swiss National Forest Inventory – Methods and models of the fourth assessment. Cham, Springer. 3–35. doi: 10.1007/978-3-030-19293-8_1

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.

Brändli, U.-B.; Imesch, N., 2015: Verjüngung. In: Rigling, A.; Schaffer, H.P. (Red.) Waldbericht 2015. Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes. Bern, Bundesamt für Umwelt; Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 74–75.

Brändli, U.-B.; Keller, W., 1985: Die Vegetationshöhenstufen im LFI. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL, LFI (unveröffentlicht).

Brändli, U.-B.; Ulmer, U., 1999: Naturschutz und Erholung. In: Brassel, P.; Brändli, U.-B. (Red.) Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der Zweitaufnahme 1993–1995. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL; Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (eds); Bern, Haupt. 279–329.

Brändli, U.-B.; Bühler, C.; Zangger, A., 2007a: Waldindikatoren zur Artenvielfalt – Erkenntnisse aus LFI und BDM Schweiz. Schweiz. Z. Forstwes. 158, 8: 243–254.

Brändli, U.-B.; Bühler, C.; Zangger, A., 2007b: Biodiversität und Waldinventuren. LFI Info 7: 1–6.

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, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL; Bern, Bundesamt für Umwelt. 187–228.

Brändli, U.-B.; Abegg, M.; Beranova, J., 2011a: Forest age. In: Chirici, G.; Winter, S.; McRoberts R.E. (eds) National forest inventories: Contributions to forest biodiversity assessments. Berlin, Springer. 145–160.

Brändli, U.-B.; Abegg, M.; Bütler, R., 2011b: Lebensraum-Hotspots für saproxylische Arten mittels LFI-Daten erkennen. Schweiz. Z. Forstwes. 162, 9: 312–325. doi: 10.3188/szf.2011.0312

Brändli, U.-B.; Fischer, C.; Camin, P., 2016: Stand der Walderschliessung mit Lastwagenstrassen in der Schweiz. Schweiz. Z. Forstwes. 167, 3: 143–151. doi: 10.3188/szf.2016.0143

Brang, P.; Bolliger, M., 2015: Waldreservate. In: Rigling, A.; Schaffer, H.P. (Red.) Waldbericht 2015. Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes. Bern, Bundesamt für Umwelt; Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 88–89.

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.

Brang, P.; Küchli, C.; Schwitter, R.; Bugmann, H.; Ammann, P., 2016a: Waldbauliche Strategien im Klimawandel. In: Pluess, A.R.; Augustin, S.; Brang P. (Red.) Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. Bern, Bundesamt für Umwelt; Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL; Bern, Stuttgart, Wien, Haupt. 341–365.

Brang, P.; Pluess, A.R.; Bürgi, A.; Born, J., 2016b: Potenzial von Gastbaumarten bei der Anpassung an den Klimawandel. In: Pluess, A.R; Augustin, S.; Brang, P. (Red.) Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. Bern, Bundesamt für Umwelt; Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL; Bern, Stuttgart, Wien, Haupt. 385–405.

Brassel, P.; Brändli, U.-B. (Red.), 1999: Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der Zweitaufnahme 1993–1995. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt für WSL; Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft; Bern, Stuttgart, Wien, Haupt. 442 S.

Brassel, P.; Lischke, H. (eds), 2001: Swiss National Forest Inventory: Methods and Models of the Second Assessment. Birmensdorf, Swiss Federal Research Institute WSL. 336 S.

Broggi, M.F.; Schlegel, H., 1989: Mindestbedarf an naturnahen Flächen in der Kulturlandschaft. Dargestellt am Beispiel des schweizerischen Mittellandes. Liebefeld-Bern, Nationales Forschungsprogramm «Boden», Bericht 31. 180 S.

Buholzer, S.; Nobis, M.; Schoenenberger, N.; Rometsch, S., 2014: Liste der gebietsfremden invasiven Pflanzen der Schweiz. Stand August 2014. Bern, Info Flora. (15.3.2019)

Bürgi, P.; Pauli, B.; Auer, N., 2018: Forstwirtschaftliches Testbetriebsnetz der Schweiz. Ergebnisse der Jahre 2014–2016. Bern, Bundesamt für Umwelt; Neuenburg, Bundesamt für Statistik; Bern, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften; Solothurn, WaldSchweiz. 48 S.

Burnand, J.; Keller, F.; Rutishauser, U.; Stocker, R.; Wohlgemuth, T., 2007: Ein Werkzeug zur ökologischen Bewertung der Wirtschaftswälder im Mittelland. Projektbericht. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 109 S.

Bütler, R.; Lachat, T.; Schlaepfer, R., 2005: Alt- und Totholzstrategie für die Schweiz: wissenschaftliche Grundlagen und Vorschlag. Lausanne, EPFL, im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, unveröffentlicht.

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. Freiburg i.Br., European Forest Institute. 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

BUWAL (Hrsg.), 2003: Kontrolle der Nachhaltigkeit im Wald. Praxishilfe, Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. 65 S.

BUWAL; WSL (Hrsg.), 2005: Waldbericht 2005 – Zahlen und Fakten zum Zustand des Schweizer Waldes. Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft; Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 152 S.

Carlowitz, von, H.C., 1713: Sylvicultura oeconomica, oder haußwirthliche Nachricht und Naturmässige Anweisung zur wilden Baum-Zucht. Leipzig, Braun.

Cioldi, F.; Keller, M., 2019: Planning and organisation of the terrestrial inventory and interview survey. In: Fischer, C.; Traub, B. (eds) Swiss National Forest Inventory – Methods and models of the fourth assessment. Cham, Springer. 145–156. doi.org/10.1007/978-3-030-19293-8_8

Cioldi, F.; Baltensweiler, A.; Brändli, U.-B.; Duc, P.; Ginzler, C.; Herold Bonardi, A.; Thürig, E.; Ulmer, U., 2010: Waldressourcen. In: Brändli, U.-B. (Red.) Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004–2006. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL; Bern, Bundesamt für Umwelt. 31–113.

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. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL; Zürich, ETH Zürich; Bern, Stuttgart, Wien, Haupt. 12–25.

Commarmot, B.; Brändli, U.-B.; Hamor, F.; Lavnyy, 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 S.

Conedera, M.; Brändli, U.-B., 2015: Nicht einheimische Baumarten. In: Rigling, A.; Schaffer, H.P. (Red.) Waldbericht 2015. Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes. Bern, Bundesamt für Umwelt; Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 78–79.

Daniel, W.; Sterba, H., 1980: Zur Ansprache der Bestandesdichte. Allg. Forstztg. 91: 155–157.

Didion, M.; Herold, A.; Thürig, E., 2019: Whole tree biomass and carbon stock. In: Fischer, C.; Traub, B. (eds) Swiss National Forest Inventory – Methods and models of the fourth assessment. Cham, Springer. 243–248. doi: 10.1007/978-3-030-19293-8_14

Dobbertin, M., 2004: Sanasilva-Inventur. Spezialauswertung der Zweitaufnahme 1993–1995. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. Veröffentlicht in: BUWAL, WSL 2005.

Duc, P.; Abegg, M.; Brändli, U.-B., 2010a: Schutzwald. In: Brändli, U.-B. (Red.) Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004–2006. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL; Bern, Bundesamt für Umwelt. 231–251.

Duc, P.; Brändli, U.-B.; Herold Bonardi, A.; Rösler, E.; Thürig, E.; Ulmer, U.; Frutig, F.; Rosset, C.; Kaufmann, E., 2010b: Holzproduktion. In: Brändli, U.-B. (Red.) Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004–2006. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL; Bern, Bundesamt für Umwelt. 143–184.

Duc, P.; Brändli, U.-B.; Cioldi, F.; Lanz, A.; Ulmer, U., 2011: Entwicklung der Baumarten im Schweizer Wald – methodische Überlegungen. Schweiz. Z. Forstw. 162, 9: 326–336.

Duelli, P., 1995: Biodiversität erhalten und fördern: Was sagt die ökologische Forschung dazu? Forum für Wissen 1995: 13–21.

Duelli, P.; Chumak, V.; Obrist, M.K.; Wirz, P., 2005: The biodiversity values of European virgin forests. For. Snow Landsc. Res. 79, 1/2: 91–99.

Düggelin, C. (Red.), 2020: Schweizerisches Landesforstinventar. Feldaufnahme-Anleitung 2020. WSL Ber. 90.

Düggelin, C.; Keller, M. (Red.), 2017: Schweizerisches Landesforstinventar. Anleitung für die Feldaufnahmen der Erhebung 2017. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 220 S.

Düggelin, C.; Cioldi, F.; Keller, M., 2019: Field assessment. In: Fischer, C.; Traub, B. (eds) Swiss National Forest Inventory – Methods and models of the fourth assessment. Cham, Springer. 159–186. doi: 10.1007/978-3-030-19293-8_9

EAFV (Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen) (Hrsg.), 1988: Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der Erstaufnahme 1982–1986. Ber. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch. 305: 375 S.

EDI (Eidgenössisches Departement des Innern), 1965: Aus der Tätigkeit der Eidgenössischen Inspektion für Forstwesen, Jagd und Fischerei, 1939–1963. Bern, Eidgenössisches Departement des Innern. 96 S.

Eiberle, K.; Nigg, H., 1987: Grundlagen zur Beurteilung des Wildverbisses im Gebirgswald. Schweiz. Z. Forstw. 138: 747–785. doi: 10.5169/seals-766065

Eiberle, K.; Zehnder, U., 1985: Kriterien zur Beurteilung des Wildverbisses bei der Weisstanne. Schweiz. Z. Forstwes. 136: 399–414. doi: 10.3188/szf.2015.0420

Ellenberg, H.; Klötzli, F., 1972: Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. Mitt. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch. 48, 4: 589–930.

Etzold, S.; Wunder, J.; Braun, S.; Rohner, B.; Bigler, C.; Abegg, M.; Rigling, A., 2016: Mortalität von Waldbäumen: Ursachen und Trends. In: Pluess, A.R.; Augustin, S.; Brang, P. (Red.) Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. Bern, Bundesamt für Umwelt; Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL; Bern, Stuttgart, Wien, Haupt. 177–196.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2006: Global forest resources assessment 2005. Progress towards sustainable forest management. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Forestry Paper 147: 349 S.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2015: Global Forest Resources Assessment 2015 – Desk Reference. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 253 S.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2018: Global Forest Resources Assessment 2020 – Terms and Definitions, Working Paper 188. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 32 S.

Fischer, C.; Camin, P., 2013: Umfrage und Erschliessungserhebung im Landesforstinventar 4. Zür. Wald 1: 28–30.

Fischer, C.; Camin, P., 2015: Holznutzung und Zuwachs. In: Rigling, A.; Schaffer, H.P. (Red.) Waldbericht 2015. Zustand und Nutzung des Waldes. Bern, Bundesamt für Umwelt. 60–61.

Fischer, C.; Fraefel, M., 2019: Conducting Interview survey with the local forest service. In: Fischer, C.; Traub, B. (eds) Swiss National Forest Inventory – Methods and models of the fourth assessment. Cham, Springer. 187–195. doi: 10.1007/978-3-030-19293-8_10

Forest Europe, 2015a: State of Europe's Forests 2015. Madrid, Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, Forest Europe Liaison Unit Madrid. 314 S.

Forest Europe, 2015b: Updated Pan-European Indicators for Sustainable Forest Management as adopted by the Forest Europe Expert Level Meeting 30 June–2 July 2015, Madrid, Spain. In: Forest Europe (ed.) 25 years together promoting Sustainable Forest Management in Europe. Madrid Ministerial Declaration. Madrid, Forest Europe, Madrid Liaison Unit. 5–8.

Forest Europe, UNECE, FAO, 2011: State of Europe's forests 2011. Status and Trends in Sustainable Forest Management in Europe. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe. Forest Europe Liaison Unit Oslo, Norway. 337 S.

Frehner, M.; Wasser, B.; Schwitter, R., 2005: Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. 564 S.

Freiburghaus, M., 2012: Aufbereitung von Trinkwasser in der Schweiz: Auswertung der SGW-Statistik 2005 und 2010. Aqua & Gas 9: 78–81.

Gaugelin, X.; Courbaud, B., 2006: Guides des Sylviculture de Montagne. Cemagref de Grenoble, Centre Régional de la Propriété Forestière Rhône-Alpes, Office National des Forêts. 289 S.

Gehrig-Fasel, J.; Zimmermann, N.; Guisan, A.; Brändli, U.-B., 2005: Climate change or land abandonment? Analysis of treeline change in the Swiss Alps. 90th ESA Annual Meeting / IX International Congress of Ecology, Montreal, Canada.

Ginzler, C., 2019: Remote sensing data sources. In: Fischer, C.; Traub, B. (Red.) Swiss National Forest Inventory – Methods and Models of the Fourth Assessment. In: Fischer, C.; Traub, B. (eds) Swiss National Forest Inventory – Methods and models of the fourth assessment. Cham, Springer. 95–100. doi: 10.1007/978-3-030-19293-8_3

Ginzler, C.; Hobi, M.L., 2015: Countrywide Stereo-Image Matching for Updating Digital Surface Models in the Framework of the Swiss National Forest Inventory. Remote Sens. 7: 4343–4370.

Ginzler, C.; Hobi, M.L., 2016: Das aktuelle Vegetationshöhenmodell der Schweiz: spezifische Anwendungen im Waldbereich. Schweiz. Z. Forstwes. 167, 3: 128–135.

Ginzler, C.; Bärtschi, H.; Bedolla, A.; Brassel, P.; Hägeli, M.; Hauser, M.; Kamphues, M.; Laranjeiro, L.; Mathys, L.; Uebersax, D.; Weber, E.; Wicki, P.; Zulliger, D., 2005: Luftbildinterpretation LFI3 – Interpretationsanleitung zum dritten Landesforstinventar. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 85 S.

Ginzler, C.; Brändli, U.-B.; Hägeli, M., 2011a: Waldflächenentwicklung der letzten 120 Jahre in der Schweiz. Schweiz. Z. Forstwes. 162, 9: 337–343. doi: 10.3188/szf.2011.0337

Ginzler, C.; Mathys, L.; Thürig, E., 2011b: Die Baumbedeckung in der Schweiz. Schweiz. Z. Forstwes. 162, 9: 344–349.

Gollut, C.; Rosset, C., 2018: Stand der forstlichen Planung in den Kantonen 2017. Schlussbericht im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU). Bern, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften. 92 S.

Hahn, P.; Heynen, D.; Indermühle, M.; Mollet, P.; Birrer, S., 2005: Holznutzung und Naturschutz. Praxishilfe mit waldbaulichen Merkblättern. Vollzug Umwelt. Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft; Sempach, Schweizerische Vogelwarte. 113 S.

Hanewinkel, M.; Kuhn, T.; Bugmann, H.; Lanz, A.; Brang, P., 2014: Vulnerability of uneven-aged forests to storm damage. Forestry 87, 4: 525–534. doi: 10.1093/forestry/cpu008

Hegg, C.; Jeisy, M.; Waldner, P., 2004: Wald und Trinkwasser. Eine Literaturstudie. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 60 S.

Heinimann, H.R., 2012: Unterlagen zur Vorlesung 701-1542-00L an der ETH Zürich. «Erschliessungs- und Erntesysteme der Landnutzung». Zürich, Eidgenöss. Techn. Hochschule.

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

Herold, A.; Stierli, H.R., 1999: Waldzustand. In: Brassel, P.; Brändli, U.-B. (Red.) Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der Zweitaufnahme 1993–1995. Bern, Haupt. 185–231.

Herold, A.; Ulmer, U., 2001. Stand stability in the Swiss National Forest Inventory: assessment technique, reproducibility and relevance. For. Ecol. Manage. 145: 29–42.

Herold, A.; Zell, J.; Rohner, B.; Didion, M.; Thürig, E.; Rösler, E., 2019: State and change of forest resources. In: Fischer, C.; Traub, B. (eds) Swiss National Forest Inventory – Methods and models of the fourth assessment. Cham, Springer. 205–230. doi: 10.1007/978-3-030-19293-8_12

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

Heydemann, B., 1982: Der Einfluss der Waldwirtschaft auf die Wald-Ökosysteme aus zoologischer Sicht. In: Deutscher Rat für Landschaftspflege (Hrsg.) Waldwirtschaft und Naturhaushalt. Schr.reihe Dtsch. Rat Landespfl. 40: 926–944.

Huber M.; Brang, P.; Sandri, A., 2015: Schutz vor Naturgefahren. In: Rigling, A.; Schaffer, H.P. (Red.) Waldbericht 2015. Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes. Bern, Bundesamt für Umwelt; Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 94–97.

Hunziker, M.; von Lindern, E.; Bauer, N.; Frick, J.; 2012: Das Verhältnis der Schweizer Bevölkerung zum Wald. Waldmonitoring sozio-kulturell: Weiterentwicklung und zweite Erhebung – WaMos 2. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 180 S.

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. Umwelt-Vollzug Nr. 1503: 186 S.

Kaufmann, E., 2001: Estimation of standing timber, growth and cut. In: Brassel, P.; Lischke, H. (eds) Swiss National Forest Inventory: Methods and Models of the Second Assessment. Birmensdorf, Swiss Federal Research Institute WSL. 162–196.

Kaufmann, E.; Brassel, P., 1999: Holzvorrat, Zuwachs und Nutzung. In: Brassel, P.; Brändli, U.-B. (Red.) Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der Zweitaufnahme 1993–1995. Bern, Haupt. 73–100.

Kaufmann, S.; Hauck, M.; Leuschner, C., 2017: Comparing the plant diversity of paired beech primeval and production forests: management reduces cryptogam, but not vascular plant species richness. For. Ecol. Manage. 400: 58–67.

Keller, M. (Red.), 2005: Schweizerisches Landesforstinventar. Anleitung für die Feldaufnahmen der Erhebung 2004–2007. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 393 S.

Keller, M. (Red.), 2013a: Schweizerisches Landesforstinventar. Feldaufnahme-Anleitung 2013. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 214 S.

Keller M. (Red.), 2013b: Schweizerisches Landesforstinventar. Anleitung für die Umfrage- und Erschliessungserhebung 2013. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 40 S.

Keller, W., 1978: Einfacher ertragskundlicher Bonitätsschlüssel für Waldbestände in der Schweiz. Mitt. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch. 54, 1: 96 S.

Kienast, F.; Brzeziecki, B.; Wildi, O., 1994: Computergestützte Simulation der räumlichen Verbreitung naturnaher Waldgesellschaften in der Schweiz. Schweiz. Z. Forstwes. 145, 4: 293–309. doi: 10.5169/seals-766591

Klaus, G., 2002: Invasive Tier- und Pflanzenarten. Hotspot 5: 3–5.

Köhl, M., 1994: Statistisches Design für das zweite Schweizerische Landesforstinventar: Ein Folgeinventurkonzept unter Verwendung von Luftbildern und terrestrischen Aufnahmen. Mitt. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch. 69, 1: 141 S.

Köhl, M., 2001: Error Sources and Their Influence on the NFI Inventory Results. In: Brassel, P.; Lischke, H. (eds) 2001: Swiss National Forest Inventory: Methods and Models of the Second Assessment. Birmensdorf, Swiss Federal Research Institute WSL. 297–305.

Küchler, M., 2009: Predictive modelling of Swiss forest types on topographic, climatic and vegetation data. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL, LFI (unveröffentlicht).

Kupferschmid, A.D.; Heiri, C.; Huber, M.; Fehr, M.; Frei, M.; Gmür, P.; Imesch, N.; Zinggeler, J.; Brang, P.; Clivaz, J.-C.; Odermatt, O., 2015: Einfluss wildlebender Huftiere auf die Waldverjüngung: ein Überblick für die Schweiz. Schweiz. Z. Forstwes. 166, 6: 420–431. doi: 10.3188/szf.2015.0420

Kupferschmid, A.D.; Brang, P.; Bugmann, H., 2019: Abschätzung des Einflusses von Verbiss durch wildlebende Huftiere auf die Baumverjüngung. Schweiz. Z. Forstwes. 170: 3, 125–134. doi: 10.3188/szf.2019.0125

Kurt, A., 1957: Die Produktionsmöglichkeiten im Schweizer Wald. Beih. Schweiz. Z. Forstwes. 28: 31–39.

Kurt, A., 1967: Ein forstliches Landesinventar als Grundlage schweizerischer Forstpolitik. Wald Holz 49: 94–99.

Kuusela, K., 1994: Forest resources in Europe 1950–1990. European Forest Institute, Research Report 1. Cambridge, Cambridge University Press. 154 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. Merkbl. Prax. 52: 12 S.

Landolt, E., 1977: Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veröff. Geobot. Institut ETH, Stiftung Rübel, Zürich 64: 208 S.

Landolt, E., 1991: Rote Liste – Gefährdung der Farn- und Blütenpflanzen in der Schweiz. BUWAL-Reihe Rote Listen. Bern, BUWAL.

Landolt, E.; Bäumler, B.; Erhardt, A.; Hegg, O.; Klötzli, F.; Lämmler, W.; Nobis, M.; Rudmann-Maurer, K.; Schweingruber, F.; Theurillat, J.-P.; Urmi, E.; Vust, M.; Wohlgemuth, T., 2010: Flora Indicativa. Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen. Bern, Haupt. 376 S.

Lanz, A.; Abegg, M.; Fischer, C., 2019: Sampling design and estimation procedures. In: Fischer, C.; Traub, B. (eds) Swiss National Forest Inventory – Methods and models of the fourth assessment. Cham, Springer. 39–92. doi: 10.1007/978-3-030-19293-8_2

Lauber, K.; Wagner, G.; Gygax, A., 2012: Flora Helvetica. Bern, Haupt. 1656 S.

Leibundgut, H., 1982: Europäische Urwälder der Bergwaldstufe. Bern, Stuttgart, Haupt. 308 S.

Lischke, H., 2001: Propagation of Data Uncertainty through Models. In: Brassel, P.; Lischke, H. (eds) Swiss National Forest Inventory: Methods and Models of the Second Assessment. Birmensdorf, Swiss Federal Research Institute WSL. 306–320.

Losey, S.; Wehrli, A., 2013: Schutzwald in der Schweiz. Vom Projekt SilvaProtect-CH zum harmonisierten Schutzwald. Bern, Bundesamt für Umwelt. 29 S. + Anhänge.

Lüscher, P.; Frutig, F.; Thees, O., 2016: Physikalischer Bodenschutz im Wald. Waldbewirtschaftung im Spannungsfeld zwischen Wirtschaftlichkeit und Erhaltung der physikalischen Bodeneigenschaften. Umwelt-Wissen 1607. Bern, Bundesamt für Umwelt. 159 S.

Mahrer, F., 1976: Abgrenzungsformen zur Erfassung der Waldfläche im Schweizerischen Landesforstinventar (LFI). Ber. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch. 167: 29–53.

Mahrer, F.; Vollenweider, C., 1983: Das Landesforstinventar der Schweiz. Ber. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch. 247: 26 S.

MCPFE, 1998: Pan-European Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management. Annex 1 of the resolution L2. In: Third Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, 2–4 June 1998, Lisbon/Portugal. Resolution L2 Pan-European Criteria, Indicators and Operational Level Guidelines for Sustainable Forest Management. 4–14.

MCPFE, 2002: Improved Pan-European Indicators for Sustainable Forest Management. Adopted by the MCPFE Expert Level Meeting, 7–8 October 2002, Vienna, Austria. Vienna: Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, Liaison Unit Vienna. 6 S.

MCPFE, 2007: State of Europe's Forests 2007. The MCPFE Report on Sustainable Forest management in Europe. Ministerial Conference on the protection of Forests in Europe, Warsaw. 247 S.

MCPFE, UNECE, FAO, 2011: State of Europe's Forests 2011. Status & Trends in Sustainable Forest Management in Europe. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe. 344 S.

Meier, F.; Forster, B.; Odermatt, O.; Hölling, D.; Meyer, J.; Dubach, V.; Schneider, S.; Wasem, U.; Queloz, V., 2017: Waldschutz-Überblick 2016. WSL Ber. 55: 36 S.

Meyer, D.; Debrot, S., 1989: Insel-Biogeographie und Artenschutz in Wäldern. Schweiz. Z. Forstwes. 140, 11: 977–985. doi: 10.5169/seals-764270

Mokany, K.; Raison, R.J.; Prokushkin, A.S., 2006: Critical analysis of root: shoot ratios in terrestrial biomes. Glob. Chang. Biol. 12: 84–96.

Moning, C., 2013: Wie viel ist nötig? Ökologische Schwellenwerte für den Bergmischwald. Ornis 2/13: 7–11.

Moning, C.; Müller, J., 2009: Critical forest age thresholds for the diversity of lichens, molluscs and birds in beech (*Fagus sylvatica* L.) dominated forests. Ecol. Indic. 9: 922–932. doi: 10.1016/j.ecolind.2008.11.002

Monnerat, C.; Barbalat, S.; Lachat, T.; Gonseth, Y., 2016: Rote Liste der Prachtkäfer, Bockkäfer, Rosenkäfer und Schröter. Gefährdete Arten der Schweiz. Bern, Bundesamt für Umwelt; Neuenburg, Info Fauna – CSCF; Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. Umwelt-Vollzug. 1622: 118 S.

Müller, J.; Bütler, R., 2010: A review of habitat thresholds for dead wood: a baseline for management recommendations in European forests. Eur. J. For. Res. 129: 981–992.

Müller, K.; Fraefel, M.; Cioldi, F.; Camin, P.; Fischer, C., 2016: Der Datensatz «Walderschliessungsstrassen 2013» des Schweizerischen Landesforstinventars. Schweiz. Z. Forstwes. 167, 3: 136–142. doi: 10.3188/szf.2016.0136

Müller, W., 1991: Biotop-Pflege am Beispiel waldbewohnender Vogelarten. Forum für Wissen 1991: 51–62.

Nilsson, S.G.; Niklasson, M.; Hedin, J.; Aronsson, G.; Gutowski, J.M.; Linder, P.; Ljungberg, H.; Mukusinski, G.; Ranius, T., 2002: Densities of large living and dead trees in old-growth temperate and boreal forests. For. Ecol. Manage. 161: 189–204.

Odermatt, O., 2018: Das Verbissprozent – eine Kontrollgrösse im Wildmanagement. Merkbl. Prax. 62: 8 S.

Ott, E., 1972: Erhebungen über den gegenwärtigen Zustand des Schweizer Waldes als Grundlage waldbaulicher Zielsetzungen. Mitt. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch. 48: 193 S.

Perruchoud, D.; Kienast, F.; Kaufmann, E.; Bräker, O.U., 1999: 20th century carbon budget of forest soils in the Alps. Ecosystems 2: 320–337.

Priewasser, K., 2013: Factors influencing tree regeneration after windthrow in Swiss forests. Doktorarbeit, Zürich, ETH Zürich. 151 S.

Pulkkinen, M.; Ginzler, C.; Traub, B.; Lanz, A., 2018: Stereo-imagery-based post-stratification by regression-tree modelling in Swiss National Forest Inventory. Remote Sens. Environ. 213: 182–194. doi: 10.1016/j.rse.2018.04.052

Quarteroni, A.; Brändli, U.-B., 2017: Les dendromicrohabitats dans l'Inventaire Forestier National suisse. Infobl. Arbeitsgr. Waldplan. -manage. 1: 10–14.

Queloz, V.; Dubach, V., 2018: Waldschutzüberblick 2017. WSL Ber. 67: 38 S.

Rademacher, C.; Neuert, C.; Grundmann, V.; Wissel, C.; Grimm, V., 2001: Was charakterisiert Buchenurwälder? Untersuchungen der Altersstruktur des Kronendachs und der räumlichen Verteilung der Baumriesen in einem Modellwald mit Hilfe des Simulationsmodells BEFORE. Forstwiss. Cent.bl. 120: 288–302.

Rigling, A.; Schaffer, H.P. (Red.), 2015: Waldbericht 2015. Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes. Bern, Bundesamt für Umwelt. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 143 S.

Rigling, D.; Hilfiker, S.; Schöbel, C.; Meier, F.; Engesser, R.; Scheidegger, C.; Stofer, S.; Senn-Irlet, B.; Queloz, V., 2016: Das Eschentriebsterben. Biologie, Krankheitssymptome und Handlungsempfehlungen. Merkbl. Prax. 57: 8 S.

Rohner, B.; Fischer, C.; Herold, A.; Rösler, E., 2019: Assortments. In: Fischer, C.; Traub, B. (eds) Swiss National Forest Inventory – Methods and models of the fourth assessment. Cham, Springer. 231–241. doi: 10.1007/978-3-030-19293-8_13

Rosset, C.; Bernasconi, A.; Hasspacher, B.; Gollut, C., 2012: Nachhaltigkeitskontrolle Wald. Projekt im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). Schlussbericht. Zollikofen, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften. 69 S.

Rothe, A.; Kölling, C.; Moritz, K., 1998: Waldbewirtschaftung und Grundwasserschutz – Der aktuelle Kenntnisstand. AFZ/Wald 53, 6: 291–295.

SBN (Schweizerischer Bund für Naturschutz), 1989: Thesen für mehr Natur im Wald. Beitr. Nat.schutz Schweiz 11: 74 S.

SBN (Schweizerischer Bund für Naturschutz), 1992: Naturwald. Schweiz. Nat.schutz 5: 23 S.

Scheidegger, C.; Stofer, S.; Senn-Irlet, B., 2015: Gefährdete Arten. In: Rigling, A.; Schaffer, H.P. (Red.) Waldbericht 2015. Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes. Bern, Bundesamt für Umwelt; Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 86–87.

Schiegg Pasinelli, K.; Suter, W., 2002: Lebensraum Totholz. (2. Aufl.) Merkbl. Prax. 33: 6 S.

Schwyzer, A.; Zinggeler, J., 2000: Eine neue Methode zur Quantifizierung des Wildverbisses. Schweiz. Z. Forstwes. 151: 107–116. doi: 10.3188/szf.2000.0107

Schwyzer, A.; Abegg, M.; Keller, M.; Brang, P., 2010: Gesundheit und Vitalität. In: Brändli, U.-B. (Red.) Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004–2006. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL; Bern, Bundesamt für Umwelt. 115–141.

Stadelmann, G.; Didion, M.; Herold, A.; Rösler, E.; Temperli, C.; Thürig, E., 2019a: Forest development model MASSIMO. In: Fischer, C.; Traub, B. (eds) Swiss National Forest Inventory – Methods and models of the fourth assessment. Cham, Springer. 265–278. doi: 10.1007/978-3-030-19293-8_17

Stadelmann, G.; Didion, M.; Thürig, E., 2019b: Scenario simulations. In: Fischer, C.; Traub, B. (eds) Swiss National Forest Inventory – Methods and models of the fourth assessment. Cham, Springer. 285–296. doi: 10.1007/978-3-030-19293-8_19

Stierlin, H.R.; Brändli, U.-B.; Herold, A.; Zinggeler, J., 1994: Schweizerisches Landesforstinventar. Anleitung für die Feldaufnahmen 1993–1995. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 204 S.

SVGW (Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches), 2017: Statistische Erhebungen der Wasserversorgung in der Schweiz für das Betriebsjahr 2016. Zürich, Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches. 87 S.

Thees, O.; Schmid, S., 2015: Sozioökonomie. In: Rigling, A.; Schaffer, H.P. (Red.) Waldbericht 2015. Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes. Bern, Bundesamt für Umwelt; Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 99–125.

Traub, B., 2001: Representativeness of the Sample Grid. In: Brassel, P.; Lischke, H. (eds) Swiss National Forest Inventory: Methods and Models of the Second Assessment. Birmensdorf, Swiss Federal Research Institute WSL. 132–149.

Traub, B.; Meile, R.; Speich, S.; Rösler, E., 2017: The data storage and analysis system of the Swiss National Forest Inventory. Comp. Electr. Agric. 132: 97–107. doi: 10.1016/j.compag.2016.11.016

Traub, B.; Meile, R.; Speich, S.; Rösler, E., 2019a: The Swiss National Forest Inventory Data Analysis System. In: Fischer, C.; Traub, B. (eds) Swiss National Forest Inventory – Methods and models of the fourth assessment. Cham, Springer. 299–336. doi: 10.1007/978-3-030-19293-8_20

Traub, B.; Cioldi, F.; Düggelin, C.; Keller, M.; Ginzler, C., 2019b: Quality in aerial-image interpretation and field survey. In: Fischer, C.; Traub, B. (eds) Swiss National Forest Inventory – Methods and models of the fourth assessment. Cham, Springer. 339–365. doi: 10.1007/978-3-030-19293-8_21

Ulmer, U.; Bischof, S.; Brändli, U.-B.; Cioldi, F.; 2010: Sozioökonomie. In: Brändli, U.-B. (Red.) Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004–2006. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL; Bern, Bundesamt für Umwelt. 253–263.

van der Plas, F.; Manning, P.; Allan, E.; Scherer-Lorenzen, M.; Verheyen, K.; Wirth, C.; … Fischer, M., 2016: Jack-of-all-trades effects drive biodiversity-ecosystem multifunctionality relationships in European forests. Nat. Commun. 7, 11109. 11 S. doi: 10.1038/ncomms11109

Vandegehuchte, M.L.; Wermelinger, B.; Fraefel, M.; Baltensweiler, A.; Düggelin, C.; Brändli, U.-B.; Freitag, A.; Bernasconi, C.; Cherix, D.; Risch, A.C., 2017: Distribution and habitat requirements of red wood ants in Switzerland: implications for conservation. Biol. Conserv. 212, A: 366–375. doi: 10.1016/j.biocon.2017.06.008

Vítková, M.; Conedera, M.; Sádlo, J.; Pergl, J.; Pyšek, P., 2018: Gefährlich und nützlich zugleich: Strategien zum Management der invasiven Robinie. Schweiz. Z. Forstwes. 169, 2: 77–85. doi: 10.3188/szf.2018. 0077

Volkwein, A.; Schellenberg, K.; Labiouse, V.; Agliardi, F.; Berger, F.; Bourrier, F.; Dorren, L.K.A.; Gerber, W.; Jaboyedoff, M., 2011: Rockfall characterisation and structural protection – a review. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 11: 2617–2651.

von Büren, D.; Diez, C.; Bader, L.; Budde, A.; Kaufmann, G., 1995: Waldrand – Artenreiches Grenzland. Basel, Schweizerischer Bund für Naturschutz. SBN-Merkbl. 14: 39 S.

von Lerchenfeld, L., 2008: Heinersreuth setzt auf die Douglasie. Ber. Bayer. Landesanst. Wald Forstwirtsch. LWF Wissen 59: 88–91.

Wald und Holz NRW (Hrsg.), 2014: Biotopholzstrategie «Xylobius». Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen, Bearbeiter: Burkhard Herzig. Münster. 48 S.

Waldner, P.; Huber, M.; Graf Pannatier, E.; Reinhardt, M.; Braun, S., 2015: Trinkwasser. In: Rigling, A.; Schaffer, H.P. (Red.) Waldbericht 2015. Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes. Bern, Bundesamt für Umwelt; Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 92–93.

Waldwirtschaft Schweiz; Holzindustrie Schweiz; Holzbau Schweiz; Lignum Holzwirtschaft Schweiz, 2010: Schweizer Handelsgebräuche für Rohholz. Zürich, Lignum Holzwirtschaft Schweiz. 110 S.

Walker, D.; Artho, J., 2018: Die Eigentümerinnen und Eigentümer des Schweizer Waldes. Untersuchung des Verhältnisses privater und öffentlicher Eigentümerinnen und Eigentümer zu ihrem Wald. Bern, Bundesamt für Umwelt, Umwelt-Wissen Nr. 1814. 67 S.

Waser, L.T.; Fischer, C.; Wang, Z.; Ginzler, C., 2015: Wall-to-Wall Forest Mapping Based on Digital Surface Models from Image-Based Point Clouds and NFI Forest Definition. Forest 6, 12: 4510–4528. doi: 10.3390/f6124386

Waser, L.T.; Ginzler, C.; Rehush, N., 2017: Wall-to-wall tree type mapping from countrywide airborne remote sensing surveys. Remote Sens. 9, 8: 766 (24 S.). doi: 10.3390/rs9080766

WCED (World Commission on Environment and Development), 1987: Our Common Future. Oxford, Oxford University Press. 383 S.

Weber, E.; Köhler, B.; Gelpke, G.; Perrenoud, A.; Gigon, A., 2005: Schlüssel zur Einteilung von Neophyten in der Schweiz in die Schwarze Liste oder Watch-Liste. Bot. Helv. 115: 169–173.

Weggler, M.; Aschwanden, B., 1999: Angebot und Besetzung natürlicher Nisthöhlen in einem Buchenmischwald. Ornithol. Beob. 96: 83–94.

Wermelinger, B.; Duelli, P., 2002: Die Insekten im Ökosystem Wald. Bedeutung, Ansprüche, Schutz. In: Werdenberger Jahrbuch 2003 (16. Jg.). Buchs, BuchsMedien. 104–112.

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

Wermelinger, B.; Risch, A.; Düggelin, C.; Vandegehuchte, M., 2017: Erste schweizweite Waldameisenerhebung. Wald Holz 98, 7: 23–25.

Wilhelm, C.; Meier, A.; Kalberer, M., 2011: Neuer Schutzwald Graubünden 2012. Bündnerwald 64, 1: 88–95.

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.

WSL (Eidg. Forschungsanstalt WSL), 2016: Holzernte-Produktivitätsmodell HeProMo, Version 2.3.

Wullschleger, E., 1982: Die Erfassung der Waldfunktionen. Birmensdorf: Eidgenöss. Anst. forstl. Vers.wes., Ber. Nr. 238. 81 S.

Wunder, J.; Knüsel, S.; Dorren, L.; Schwarz, M.; Bourrier, F.; Conedera, M., 2018: Götterbaum und Paulownie: die «neuen Wilden» im Schweizer Wald? Schweiz. Z. Forstwes. 169, 2: 69–76. doi: 10.3188/szf.2018.0069

Zellweger, F.; Braunisch, V.; Baltensweiler, 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

9.2 Glossar

Im Glossar erklärte *Fachbegriffe* sind kursiv gedruckt, ebenso lateinische Artennamen.

Abgänge *Bäume*, die zwischen zwei aufeinanderfolgenden Inventuren genutzt wurden, abgestorben oder verschwunden sind, im LFI Bäume und *Sträucher* mit einem *Brusthöhendurchmesser* (BHD) von mindestens 12 cm.

Abgänge, natürliche *Bäume*, die zwischen zwei aufeinanderfolgenden Inventuren natürlicherweise verschwunden sind, z. B. durch Lawinen, Hangrutsch oder Waldbrand, im LFI Bäume und *Sträucher* mit einem *Brusthöhendurchmesser* (BHD) von mindestens 12 cm. Die natürlichen Abgänge sind eine Teilkomponente der *Mortalität*.

Achslast Teil der Gesamtmasse (Eigenmasse und Masse der Ladung) eines Fahrzeugs, der auf eine Achse bzw. einen Radsatz dieses Fahrzeugs entfällt. (Wald-)Strassen werden üblicherweise nach der Achslast der eingesetzten Fahrzeuge dimensioniert.

Ahorn (*Hauptbaumart*) Alle Arten der Gattung *Acer: A. pseudoplatanus, A. platanoides, A. campestre, A. opalus*.

Altbestand In der Regel ein im wirtschaftlichen Sinne alter *Bestand*. Im LFI gilt ein über 120-jähriger Bestand als Altbestand. Ökologisch gesehen ist ein solcher Bestand noch jung.

Alter, dominantes ($Alter_{dom}$) Mittleres Alter der 100 stärksten (dicksten) *Bäume* und *Sträucher* pro Hektare.

Altersklasse Zusammenfassung aller gleichaltrigen *Bestände* eines Forstbetriebes oder einer Waldregion zu Klassen von 10 oder 20 Jahren als Grundlage für die forstliche Nachhaltigkeitskontrolle im schlagweisen *Hochwald*.

Ansprache Gutachtliche Beurteilung eines Merkmals, im LFI unter Berücksichtigung der Definitionen der *Aufnahmeanleitung LFI*.

Arealstatistik Erhebung des Bundesamtes für Landestopografie zur Bodennutzung und -bedeckung der Schweiz auf der Grundlage von Luftbildern im Turnus von 12 Jahren. Die Informationen werden flächendeckend in einem Raster von 100 × 100 m erfasst und stehen als Basisdaten für *geografische Informationssysteme (GIS)* des Bundes, der Kantone sowie von Forschungsanstalten und Hochschulen bereit. Seit 1983 verwendet die Arealstatistik die gleiche *Walddefinition* und die gleichen *Waldtypen* (*Wald*, *Gebüschwald* und *Gehölze* ausserhalb des Waldareals) wie das LFI.

Art, eingeführte Art, die vom Menschen absichtlich oder unabsichtlich in Lebensräume ausserhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes eingebracht wurde. Siehe auch *Art, gebietsfremde; Neophyt*.

Art, eingeführte, invasive *Eingeführte Art*, von der bekannt ist oder bei der angenommen werden muss, dass sie sich in der Schweiz ausbreitet und eine so hohe Bestandesdichte erreichen kann, dass dadurch die biologische Vielfalt und deren nachhaltige Nutzung beeinträchtigt oder Mensch, Tier oder Umwelt gefährdet werden können.

Art, gebietsfremde Art, die vom Menschen absichtlich oder unabsichtlich in Lebensräume ausserhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes eingebracht wurde. Dabei heisst «gebietsfremd» gemäss der Verordnung über den Umgang mit Organismen in der Umwelt (Freisetzungsverordnung, FRSV; SR 814.911), dass die Art von ausserhalb des europäischen EU/EFTA-Raumes stammt. Siehe auch *Art, eingeführte; Neophyt*.

Art, gefährdete Art, die durch einen objektiven Prozess (Erstellung von nationalen Roten Listen) als «stark gefährdet» oder als «gefährdet» erkannt wurde.

Art, invasive Siehe *Art, eingeführte, invasive*.

Assoziation Siehe *Pflanzengesellschaft*.

Astderbholz *Astholz* mit einem Durchmesser von mindestens 7 cm, im LFI in Rinde. Siehe auch Abb. **049**.

Astholz Holz, das als seitliche Verzweigungen des *Schaftes* gebildet wird; unterteilbar in *Astderbholz* und *Astreisig*. Siehe auch Abb. **049**.

Astreisig *Astholz* mit weniger als 7 cm Durchmesser in Rinde. Siehe auch Abb. **049**.

Aufforstung Anpflanzen von Bäumen oder Aussaat von Samen mit dem Ziel, *Nichtwaldflächen* (unbestockte oder ungenügend bestockte Flächen) zu bewalden.

Aufnahmeanleitung LFI Detaillierte Beschreibung der *Probeflächen*aufnahme im Gelände für das LFI mit Definition der aufgenommenen Merkmale. Zum LFI4 siehe Keller (2013).

Auslesedurchforstung *Durchforstungsverfahren*, bei dem die *Bäume* mit den gewünschten Eigenschaften durch Entnahme ihrer stärksten Konkurrenten begünstigt werden.

Aussageeinheit Im LFI Region, auf die sich die Aussagen und Resultate beziehen: *Produktionsregionen*, *Wirtschaftsregionen*, *Schutzwaldregionen*, Kantone.

Auswertungseinheit Im LFI Teil der *Waldfläche*, die bestimmte Kriterien erfüllt und für die eine statistische Aussage gemacht werden soll, zum Beispiel «zugänglicher Wald ohne Gebüschwald».

Azidität (Bodenazidität) Säuregrad des Bodens, ausgedrückt als pH-Wert (Wasserstoffionen-Konzentration).

Basalfläche (Grundfläche) Summe der Stammquerschnittsflächen in 1,3 m Höhe der *Bäume* eines *Bestandes,* im LFI der lebenden Bäume und *Sträucher* (stehende und liegende) mit einem *Brusthöhendurchmesser* (BHD) von mindestens 12 cm. Siehe auch *Gesamtbasalfläche*.

Baum Pflanze mit verholztem, aufrechtem *Stamm*, die bei ungestörtem Wachstum eine Höhe von mehr als 5 m erreicht.

Baumalter Alter eines *Baums*. Seit dem LFI4 wird das Alter jedes *Probebaums* geschätzt.

Baumart Im LFI Baumarten der *Gehölzarten*liste. Diese umfasst alle einheimischen Gehölze (ohne Zwergsträucher) sowie einige *eingeführte Arten* oder Gattungen. Bei der Datenauswertung werden die Baumarten meist zu den 10 wichtigsten Gattungen *(Hauptbaumarten)* zusammengefasst.

Baumart, eingeführte *Baumart*, die vom Menschen absichtlich oder unabsichtlich in Lebensräume ausserhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes eingebracht wurde. Siehe auch *Art, eingeführte; Neophyt*.

Baumart, einheimische *Baumart*, die in einer Region seit tausenden von Jahren natürlich vorkommt.

Baumart, vorherrschende Im LFI *Baumart* mit der grössten *Basalfläche* auf einer *Probefläche*.

Baumholz *Entwicklungsstufe* im gleichförmigen *Hochwald*, im LFI *Bestand* mit einem *dominanten Brusthöhendurchmesser* (BHD_{dom}) von mehr als 30 cm. Es wird unterschieden zwischen schwachem (31–40 cm BHD_{dom}), mittlerem (41–50 cm BHD_{dom}) und starkem Baumholz (>50 cm BHD_{dom}).

Baumkrone (Krone) Benadelter bzw. belaubter Teil des *Baumes* zwischen dem untersten grünen *Ast* (ohne Berücksichtigung der *Klebäste*) und dem *Wipfel*.

Baumschaft Siehe *Schaft*.

Baumwipfel Siehe *Wipfel*.

Bestand (Waldbestand) Baumkollektiv, das sich von der Umgebung durch *Baumarten*zusammensetzung, *Bestandesalter* oder Aufbau wesentlich unterscheidet, im LFI mit einer Minimalfläche von 5 Aren.

Bestand, massgebender Im LFI *Bestand* innerhalb der *Interpretationsfläche*, in dem das *Probeflächen*zentrum liegt. Er ist massgebend für die Erfassung der Bestandesmerkmale im LFI.

Bestandesalter Im LFI Alter des *Hauptbestandes* im *massgebenden Bestand* aufgrund einer Altersschätzung oder von Jahrring- oder Astquirlzählungen. Siehe auch *Baumalter*.

Bestandesdichteindex (Stand Density Index SDI) Aus der *Stammzahl* pro ha (im LFI *Bäume* und *Sträucher* ab 12 cm *Brusthöhendurchmesser* [BHD]) und dem *Mitteldurchmesser* (dg) berechnetes Mass für die Dichte einer *Bestockung*. Bei einer *Kluppschwelle* von 0 cm ist der SDI weitgehend unabhängig von *Standortgüte*, *Baumarten*zusammensetzung und *Bestandesalter*.

Bestandesschicht (Schicht) Durch die *Baumkronen* gebildete, in der Höhe deutlich begrenzte Etage im Kronenraum eines *Bestandes*. Im LFI wird der Stamm- und Kronenraum in Abhängigkeit von der *Oberhöhe* (h_{dom}) vertikal in *Oberschicht*, *Mittelschicht* und *Unterschicht* dreigeteilt.

Bestandesstabilität (Stabilität) Widerstandsfähigkeit eines *Bestandes* gegenüber störenden Einflüssen, im LFI die gutachtlich geschätzte mechanische Stabilität gegen abiotische und biotische Belastungen innerhalb der nächsten 10 bis 20 Jahre.

Bestandesstruktur (Struktur) Vertikaler Aufbau eines *Bestandes*. Im LFI werden ein- und mehrschichtige, stufige und rottenförmige Bestandesstrukturen unterschieden.

Bestockung *Bestand* aus *Bäumen* oder *Sträuchern* auf einer *Waldfläche*. Im LFI werden auch Bestockungen ausserhalb der Waldfläche erfasst.

Bestockung, dauernd aufgelöste Im LFI *Bestockung*, die aufgrund der *Standort*bedingungen oder als Folge der *Nutzung*sart dauernd einen *Deckungsgrad* zwischen 20 und 60% aufweist, zum Beispiel *Wytweiden* und Bestockungen an der oberen *Waldgrenze*.

Betriebsart Waldbauliches Konzept zur *Pflege*, *Nutzung* und *Verjüngung* von *Beständen*, das zu typischen, von der Vermehrungsart (generativ oder vegetativ) geprägten *Waldformen (Hochwald, Mittelwald, Niederwald)* führt.

Betriebsplan Planungsinstrument der Forstbetriebe mit einer Gültigkeitsdauer von 10 bis 20 Jahren. Der Betriebsplan umfasst eine Beschreibung des *Waldes* sowie die Planung der waldbaulichen *Eingriffe* und der zukünftigen *Nutzung*smengen *(Hiebsatz)*. Der Betriebsplan wurde früher oftmals als Wirtschaftsplan bezeichnet.

Bewaldungsprozent Anteil der *Waldfläche* an der Gesamtfläche einer *Auswertungseinheit*.

Biodiversität (biologische Vielfalt) Vielfalt von Pflanzen, Tieren und anderen Organismen in all ihren Organisationsformen, also inklusive der genetischen Vielfalt, der Vielfalt der Arten und der *Ökosysteme* sowie der Prozesse zwischen ihnen.

Biomasse Lebende und tote Pflanzenmasse, ober- und unterirdisch.

Biotop Einheitlicher und dadurch von seiner Umgebung abgrenzbarer Lebensraum mit einer darauf abgestimmten Lebensgemeinschaft von Pflanzen und Tieren *(Biozönose)*.

Biotopwert des Waldbestandes Ökologische Masszahl zur Beurteilung von *Waldbeständen* als Lebensraum für Tiere und Pflanzen. Das im LFI verwendete Biotopwertmodell beruht auf den drei Kriterien *Naturnähe des Nadelholz*anteils, *Gehölzartenvielfalt* und *Strukturvielfalt*.

Biozönose Lebensgemeinschaft aus Pflanzen und Tieren, die sich infolge ähnlicher Umweltansprüche und einseitiger oder gegenseitiger Abhängigkeiten in einem bestimmten Lebensraum *(Biotop)* dauerhaft hält und vermehrt.

Bodenazidität Siehe *Azidität*.

Bonität Mass für die nach einer bestimmten *Ertragstafel* aufgrund von *Bestandesalter* und Bestandeshöhe sich ergebende Wuchsleistung eines *Bestandes*. In den schweizerischen Ertragstafeln entspricht die Bonität der *Oberhöhe* einer *Baumart* im Alter 50.

Brusthöhendurchmesser (BHD) Stammdurchmesser auf 1,3 m Höhe über Boden.

Brusthöhendurchmesser, dominanter (BHD_{dom}) Mittlerer *Brusthöhendurchmesser* (BHD) der 100 stärksten (dicksten) *Bäume* pro Hektare, im LFI der Bäume und *Sträucher* ab 12 cm BHD.

Bruttozuwachs Siehe *Zuwachs*.

Dauerwalddurchforstung Eingriff in Dauerwäldern zur Erhaltung und Verbesserung der Struktur und zur Förderung einer dauernden Verjüngung.

Deckungsgrad Verhältnis der durch die vertikalen *Kronen*projektionen überschirmten Fläche (mehrfach überschirmte Flächen werden einfach gezählt) zur Gesamtfläche eines Bestands bzw. einer beurteilten Fläche. Im Gegensatz zum Beschirmungsgrad kann der Deckungsgrad 100% nicht überschreiten.

Derbholz Holz von *Schaft* und Ästen mit einem Durchmesser von mindestens 7 cm, im LFI in der Regel in Rinde.

Derbholznutzung *Derbholz*volumen der *Nutzung*. Die Derbholznutzung wird im LFI wie das *Rundholzvolumen* nach einer anderen Methode als der *Zuwachs*, die *Nutzung* und die *Mortalität* berechnet. Sie setzt sich zusammen aus dem *Schaftderbholz* (ohne Rinde, ohne *Stock*) und dem *Astderbholz* (in Rinde) der zwischen zwei Inventuren genutzten *Bäume* und *Sträucher* mit einem *Brusthöhendurchmesser* (BHD) ab 12 cm. Die Derbholznutzung stellt eine Annäherung an die verwertbare Holzmenge dar. Sie kommt der Holznutzung nach *Forststatistik* am nächsten.

Durchforstung Massnahme der Bestandespflege und der *Nutzung* zur Verbesserung der *Struktur*, der *Stabilität* und/oder der Qualität des verbleibenden *Bestandes* durch Entnahme von *Bäumen*.

Durchmesser in 7 m Höhe (d7) Durchmesser des *Stammes* oder *Schaftes* in 7 m Höhe. Der d7 wird als Eingangsgrösse für die Berechnung der *Volumenfunktion* verwendet.

Dürrständer Stehender toter *Baum*, im LFI toter Baum oder *Strauch* ab 12 cm *Brusthöhendurchmesser* (BHD).

Eiche *(Hauptbaumart)* Alle Arten der Gattung *Quercus: Q. petraea, Q. robur, Q. cerris, Q. pubescens, Q. rubra*.

Eingriff (waldbaulicher) Forstliche Massnahme im *Bestand*, v. a. Massnahmen der *Pflege*, *Durchforstung* oder *Verjüngung*.

Eingriffsart Im LFI Art eines durchgeführten oder geplanten waldbaulichen *Eingriffs*.

Eingriffsdringlichkeit Durch den Förster bestimmte zeitliche Notwendigkeit des nächsten forstlichen *Eingriffs,* unter Berücksichtigung der lokalen *Waldfunktionen* und Planungen.

Einwuchs Gesamtheit der *Stammzahl* oder des Volumens jener *Bäume und Sträucher*, deren *Brusthöhendurchmesser* (BHD) zwischen zwei aufeinanderfolgenden *Inventuren* die *Kluppschwelle* überschritten hat.

Entwicklungsstufe Etappe der *Bestandesentwicklung*, die aufgrund der mittleren oder dominanten Baumgrösse (Durchmesser oder Höhe) definiert wird. Im LFI werden aufgrund des *dominanten Brusthöhendurchmessers* (BHD_{dom}) die Entwicklungsstufen Jungwuchs/Dickung (< 12 cm), *Stangenholz* (12–30 cm), schwaches (31–40 cm), mittleres (41–50 cm) und starkes (>50 cm) *Baumholz* unterschieden.

Erholungsfunktion Siehe *Waldfunktionen*.

Erosion Abtrag von Böden durch Wasser oder Wind. Im LFI werden nur Erosionsflächen von mehr als 100 m^2 erfasst.

Erschliessungsdichte Quotient aus der Länge der *Lastwagenstrassen* und der *Waldfläche*. Die Erschliessungsdichte ist eine gebräuchliche Kennziffer, um die Intensität der Walderschliessung eines Gebietes zu beschreiben.

Ertragstafel Darstellung des modellmässigen Verlaufes von *Oberhöhe*, *Stammzahl*, *Vorrat*, *Zuwachs* und *Nutzung* von *Beständen* mit bestimmter waldbaulicher Behandlung in Abhängigkeit von *Baumart*, *Bestandesalter* und *Bonität*.

Esche *(Hauptbaumart)* Alle Arten der Gattung *Fraxinus: F. excelsior, F. ornus*.

Exot Siehe *Baumart, eingeführte*.

Fegeschaden Rindenverletzung durch Rehe oder Hirsche, die ihre neugebildeten Geweihe durch Reiben an *Bäumen* oder *Sträuchern* vom Bast befreien.

Fichte *(Hauptbaumart)* Alle *Arten* der Gattung *Picea: P. abies, P.* sp.

Flächenschaden Flächige Zerstörung von *Waldbeständen*, im LFI Flächen, auf denen seit der Vor*inventur Bäume* durch ein Schadenereignis auf mindestens 10% der *Interpretationsfläche* abgestorben oder sehr stark geschädigt worden sind.

Föhre *(Hauptbaumart)* Alle Arten der Gattung *Pinus* ausser *P. cembra*: *P. sylvestris, P. strobus, P. mugo, P. nigra*.

Forststatistik, Schweizerische Vom Bundesamt für Statistik jährlich durch *Umfragen* erhobene und von der Abteilung Wald des Bundesamts für Umwelt (BAFU) interpretierte Kenngrössen zur Waldwirtschaft.

Gebirgswald Im LFI *Wald* in *Hochlagen* (obere montane und subalpine *Vegetationshöhenstufe*).

Gebirgswalddurchforstung Eingriffsart im *Gebirgswald* zur Erhaltung und Verbesserung der *Bestandesstruktur* und der *Bestandesstabilität* sowie zur Förderung der *Verjüngung*.

Gebüschwald Zu mehr als zwei Dritteln des *massgebenden Bestandes* mit *Sträuchern* bedeckte *Waldfläche*. Als Gebüschwald gelten insbesondere die Alpenerlen- und die Legföhrenwälder, aber auch Haselwälder und ähnliche *Bestockungen*.

Gehölz *Bestockung* ausserhalb der definierten *Waldfläche*, im LFI mit den Gehölztypen Hecken/landwirtschaftliches Gehölz, Bach-/Ufergehölz, Windschutzstreifen, Hochlagengehölz, Parkgehölz und Waldstreifen.

Gehölzart Pflanzenart mit verholzter Sprossachse, d. h. *Baum-* oder *Strauchart*. Im LFI werden alle einheimischen Baum- und Straucharten (ohne Zwergsträucher) sowie einige *eingeführte Arten* oder Gattungen erfasst. In den Auswertungen sind die Gehölzarten oftmals nach *Hauptbaumart* gruppiert, wobei die selteneren Baumarten sowie die Straucharten zur Kategorie «übrige Nadelhölzer» und «übrige Laubhölzer» zusammengefasst sind.

Gehölzartenvielfalt (Waldbestand) Im LFI Masszahl zur ökologischen Beurteilung von *Waldbeständen*, abgeleitet aus der *Gehölzartenzahl* und dem Vorkommen von *Gehölzarten* mit spezieller ökologischer Bedeutung (Weiden, Birken, Erlen, einheimische Pappeln, *Eichen, Kastanie,* Kirschbaum, Wildobst und *Sorbus* sp.) in der *Oberschicht*.

Gehölzartenvielfalt (Waldrand) Im LFI Masszahl zur ökologischen Beurteilung von *Waldrändern*, abgeleitet aus der *Gehölzartenzahl*, dem gewichteten Anteil von Dornensträuchern und von kurzlebigen, lichtbedürftigen Weichhölzern (Birken, Erlen, Pappeln, Weiden) sowie anderen ökologisch wertvollen *Gehölzarten* (z. B. *Eichen*, Vogelbeere).

Geografisches Informationssystem (GIS) Werkzeug zur Erfassung, Speicherung, Nachführung, Analyse, Modellierung und Darstellung von vielfältigen Informationen mit Raumbezug. Mit seinen Analyse- und Darstellungsfunktionen dient es als Entscheidungshilfe zur Beantwortung von geografischen Fragestellungen.

Gesamtbasalfläche Im LFI Summe der Stammquerschnittsflächen in 1,3 m Höhe (Messstelle für den *Brusthöhendurchmesser* [BHD]) aller lebenden und toten *Bäume* und *Sträucher* (stehende und liegende) eines *Bestandes* ab 12 cm BHD. Die Gesamtbasalfläche entspricht der Summe von *Basalfläche* und *Totholzbasalfläche*.

Gesamtholzvolumen Im LFI *Schaftholz*volumen in Rinde aller lebenden und toten *Bäume* und *Sträucher* (stehende und liegende) ab 12 cm *Brusthöhendurchmesser* (BHD). Das Gesamtholzvolumen ist die Summe von *Vorrat* und *Totholzvolumen*. Es ist zu unterscheiden vom Gesamtvorrat, der bis und mit LFI3 verwendet wurde und für die Summe aus *Vorrat* und Totholzvorrat stand. Für die genaue Definition von Totholzvorrat siehe *Totholzvolumen*.

Gesamtstammzahl Im LFI Anzahl *Stämme* aller lebenden und toten *Bäume* und *Sträucher* (stehende und liegende) ab 12 cm *Brusthöhendurchmesser* (BHD), absolut oder pro Flächeneinheit (in der Regel pro Hektare). Die Gesamtstammzahl ist die Summe von *Stammzahl* und *Totholzstammzahl*.

Gesamtvorrat Siehe *Gesamtholzvolumen*.

Gesamtwald Summe aller Flächen, die die *Walddefinition* des LFI erfüllen: *Wald* und *Gebüschwald*, unabhängig von der Zugänglichkeit.

Gesamtwuchsleistung (GWL) Im *gleichförmigen Hochwald* Summe der ab *Bestandes*begründung produzierten Holzmenge (Summe der jährlichen Volumenzuwächse); entspricht der Summe der Vornutzungen und des Ist*vorrates*. Die maximale durchschnittliche GWL an Trockensubstanz (kg/ha/Jahr) ist ein von der aktuellen *Baumarten*zusammensetzung weitgehend unabhängiges Mass für die Leistungsfähigkeit eines *Standorts*.

Gigant Besonders mächtiger *Baum*. Im LFI Baum mit einem *Brusthöhendurchmesser* (BHD) von mehr als 80 cm.

Gipfeltrieb Höchster Teil der Blätter bzw. Nadeln tragenden *Stamm*achse.

Grundfläche Siehe *Basalfläche*.

Grundwasserschutzzone Wichtigstes Planungsinstrument zum Schutz des Trinkwassers. Grundwasserschutzzonen müssen durch die Kantone um alle Grundwasserfassungen von öffentlichem Interesse ausgeschieden werden.

Hauptbaumart Im LFI Bezeichnung für die zehn wichtigsten einheimischen *Baumarten* bzw. Baumgattungen: *Fichte* (*Picea* sp.), *Tanne* (*Abies* sp.), *Föhre (Pinus sylvestris, P. nigra, P. mugo), Lärche* (*Larix* sp.), Arve *(Pinus cembra),* Buche *(Fagus silvatica), Ahorn* (*Acer* sp.), *Esche* (*Fraxinus* sp.), *Eiche* (*Quercus* sp.) und *Kastanie (Castanea sativa).* Alle übrigen *Baumarten* werden als übrige *Nadelbäume* bzw. übrige *Laubbäume* zusammengefasst.

Hauptbestand Bestandesschicht, die den *Bestand* prägt und auf der das Hauptgewicht der Holzproduktion liegt. Ausser im *Gebüschwald* bilden in der Regel die herrschenden und mitherrschenden *Bäume* den Hauptbestand. Siehe auch *Bestand, Nebenbestand*.

Hektarvorrat *Holzvorrat* pro Hektare, im LFI *Schaftholz*volumen in Rinde der lebenden *Bäume* und *Sträucher* (stehende und liegende) ab 12 cm *Brusthöhendurchmesser* (BHD).

Hiebsatz Die in einem lokalen forstlichen Planungswerk (z. B. *Betriebsplan*) festgesetzte planmässige Holz*nutzung*, ausgedrückt als Menge von anfallendem Holz und/oder als zu behandelnde Fläche.

Hochlagen Gebiete in höheren Lagen. Im LFI werden die obere montane, die subalpine, die alpine und die nivale *Vegetationshöhenstufe* zu den Hochlagen zusammengefasst. Das Gegenstück sind die *Tieflagen*.

Hochwald *Waldform*, bei der die *Bäume* überwiegend *Kernwüchse* sind, d.h. aus generativer Vermehrung (aus Samen) entstanden sind.

Hochwald, gleichförmiger *Hochwald* aus homogenen, flächenmässig abgrenzbaren *Beständen* mit schichtiger *Struktur*, in denen die bestandesbildenden *Bäume (Hauptbestand)* ähnliche *Brusthöhendurchmesser* (BHD) aufweisen und somit einer *Entwicklungsstufe* zugeordnet werden können.

Hochwald, plenterartiger *Hochwald* mit stufigem *Bestandesaufbau* ohne dominierende *Entwicklungsstufe* (Entwicklungsstufe gemischt) oder mit ein- bis mehrschichtigem Aufbau mit *Rottenstruktur*.

Hochwald, ungleichförmiger Ein- oder mehrschichtiger *Hochwald* mit gemischter *Entwicklungsstufe*. Er steht zwischen dem *gleichförmigen* und dem *plenterartigen Hochwald*.

Höhenstufe Siehe *Vegetationshöhenstufe*.

Holzernte Entnahme von *Bäumen*. Der Prozess der Holzernte setzt sich zusammen aus der *Holzhauerei* (Fällen und Aufarbeiten) und dem *Rücken* (Transport an Strasse).

Holzernteaufwand, potenzieller Schätzung des Aufwandes für die Bereitstellung des Holzes mithilfe von Modellen auf der Basis von *Baum-*, *Bestandes-* und Flächenmerkmalen sowie spezifischen Holzerntemerkmalen und einheitlichen Kostensätzen.

Holzernteverfahren Verwendetes Verfahren bei der *Holzernte*. Es charakterisiert die gesamte Arbeitskette in organisatorischer und technischer Hinsicht, vom Fällen und Aufarbeiten des *Baumes* bis zum *Rücken*.

Holzhauerei Fällen und Aufarbeiten eines *Baumes*. Unter Aufarbeiten wird der Vorgang verstanden, bei dem der *Baum* geastet und in *Sortimente* eingeteilt wird.

Holzmasse Holzvolumen multipliziert mit der baumartenabhängigen mittleren Holzdichte.

Holznutzung Siehe *Nutzung*.

Holzvorrat Siehe *Vorrat*.

Indikator Einfache, messbare Kenngrösse (Prüfgrösse, Zeiger) für komplexe Sachverhalte, Systeme oder Prozesse. Im LFI handelt es sich bei den Indikatoren um Merkmale mit besonderem Informationsgehalt bezüglich jener *Kriterien*, die zur Beurteilung der *Nachhaltigkeit* verwendet werden.

Interpretationsfläche Im LFI Fläche von 50 × 50 m mit dem *Probeflächen*zentrum im Diagonalenschnittpunkt. Auf der Interpretationsfläche werden die *Bestandes*- und Flächenmerkmale aufgenommen.

Jungwald *Bestände* der *Entwicklungsstufen* Jungwuchs/Dickung und schwaches *Stangenholz*. Im LFI zählen alle Bestände mit *dominantem Brusthöhendurchmesser* (BHD_{dom}) von weniger als 12 cm zum Jungwald.

Jungwaldpflanze Im LFI *Baum* oder *Strauch* ab 10 cm Höhe bis zu einem *Brusthöhendurchmesser* (BHD) von 11,9 cm.

Jungwaldstammzahl Im LFI *Stammzahl* der lebenden *Bäume* ab 10 cm Höhe bis zu einem *Brusthöhendurchmesser* (BHD) von 11,9 cm, absolut oder pro Flächeneinheit (in der Regel pro Hektare).

Jungwuchs/Dickung Siehe *Entwicklungsstufe*.

Kastanie Edelkastanie (*Castanea sativa* Mill.).

Kernwuchs Aus einem Samen (= generativ) entstandener *Baum*.

Klebast (Wasserreis) Aus einer schlafenden Knospe am *Stamm* entstandener, mehrjähriger Ast. Klebäste entstehen oft als Reaktion auf plötzlichen zusätzlichen Lichtgenuss, auf Verletzungen oder auf starke seitliche Einengung der Baumkrone. *Eichen*, Pappeln, Ulmen, *Ahorne*, *Eschen*, *Lärchen* und *Tannen* neigen zur Bildung von Sprossen (Wasserreis), die vereinzelt zu Klebästen durchwachsen.

Kluppierung Messung von Stammdurchmessern mit einer Kluppe.

Kluppschwelle Minimaler *Brusthöhendurchmesser* (BHD), den *Bäume* und *Sträucher* aufweisen müssen, damit sie bei der *Kluppierung* erfasst werden. Im LFI liegt die Kluppschwelle für *Probebäume* bei 12 cm, bei der Jungwalderhebung dagegen bei 0 cm.

Kohlenstoffvorrat Menge Kohlenstoff, die zu einem bestimmten Zeitpunkt in einem Kohlenstoffspeicher, zum Beispiel in den Pflanzen, in der organischen Auflage (Streu) oder im Boden, vorhanden ist. Im LFI wird der ober- und unterirdisch in den *Probebäumen* sowie der im *LIS-Totholz* gespeicherte Kohlenstoff ermittelt.

Kontrollaufnahme Im LFI Überprüfung der Erstaufnahme durch die Einsatzleitung auf ausgewählten Probeflächen zur Beurteilung der Datenqualität (korrekte Anwendung und Auslegung der Aufnahmeanleitung. Vgl. *Wiederholungsaufnahme*.

Krautsaum Dem *Waldmantel* und dem *Strauchgürtel* vorgelagerte, nicht oder nur extensiv genutzte Pufferzone zum intensiv bewirtschafteten Kulturland.

Kriterium von Forest Europe Teil des Zielsystems von Forest Europe, der Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa, zur Beurteilung der nachhaltigen Waldbewirtschaftung. Das Zielsystem umfasst sechs Kriterien, die Beurteilung der Zielerreichung erfolgt mithilfe von *Indikatoren*. Das LFI berichtet nach diesem System, weshalb die LFI-Ergebnisse nach den sechs Kriterien «Waldressourcen», «Gesundheit und Vitalität», «Holzproduktion», «Biologische Vielfalt», «Schutzwald» und «Sozioökonomie» gegliedert sind.

Krone Siehe *Baumkrone*.

Kurzholz (Trämel) Nach den Schweizer Handelsgebräuchen für Rohholz (Waldwirtschaft Schweiz *et al.* 2010) Nadel*rundholz*-Sortiment von 3 bis 6 m Länge.

Kyoto-Protokoll Ein 1997 beschlossenes Protokoll, das für jedes Industrieland verbindliche maximale Werte für den Ausstoss von Treibhausgasen festlegt. Für die Zeit nach 2020 wurde Ende 2015 an der Klimakonferenz in Paris ein neues Abkommen verabschiedet, das alle Unterzeichnerstaaten zur Reduktion der Treibhausgasemissionen verpflichtet.

Langholz Nach den Schweizer Handelsgebräuchen für Rohholz (Waldwirtschaft Schweiz *et al.* 2010) Nadel*rundholz*-Sortiment von 15 bis 22 m Länge.

Lärche *(Hauptbaumart)* Alle Baumarten der Gattung *Larix: L. decidua, L. kaempferi*.

Lastwagenstrasse Mit Lastwagen befahrbare Strasse. Lastwagenstrassen nach Definition LFI weisen eine Fahrbahnbreite von mindestens 2,50 m auf und sind für eine *Achslast* von 10 t dimensioniert. Im LFI4 wurden die Lastwagenstrassen erstmals nach Befahrbarkeit mit unterschiedlichen Lastwagentypen klassifiziert. Lastwagenstrassen nach Definition des Bundesamts für Umwelt (BAFU) müssen eine Fahrbahnbreite von mindestens 3 m aufweisen und mit 3-achsigen Lastwagen mit einem Gesamtgewicht von mindestens 26 t befahrbar sein.

Laubholz Gesamtheit aller Laub*gehölzarten*, d. h. Laubbaum- und Laubstraucharten. Entsprechend wird im LFI bei Auswertungen nach Gehölzarten von Laub- und Nadelhölzern und nicht von Laub- und Nadelbäumen gesprochen.

Lichtung Entnahme eines Teils der *Bäume* in der *Oberschicht* eines *Verjüngungsbestandes* zur Einleitung oder Förderung der natürlichen *Verjüngung*.

Line Intersect Sampling (LIS) Erhebungsmethode, im LFI für das liegende *Totholz*, siehe auch *LIS-Totholz*.

Maschinenweg Unbefestigter Weg, der in steilem Gelände (über 25%) mit Baumaschinen angelegt wurde und dem Holztransport vom *Bestand* an die *Lastwagenstrasse* dient.

Mindestbreite (für Walddefinition) Untergrenze der Breite einer als *Wald* geltenden Bestockung. Im LFI hängt die Mindestbreite vom *Deckungsgrad* ab.

Mischbestand Im LFI Bestand mit einem Anteil von *Laub-* und *Nadelholz* von je mindestens 10% der *Basalfläche*. Siehe auch *Mischungsgrad*, *Reinbestand*.

Mischungsgrad (Luftbild) Anteile der am Aufbau des Waldes beteiligten Laub- und Nadel*gehölzarten*. Im LFI gibt der im Luftbild ermittelte Mischungsgrad den Laubholzanteil an der Kronenfläche der Gehölze ab 3 m Höhe an. Vgl. *Mischungsgrad (terrestrisch)*.

Mischungsgrad (terrestrisch) Anteile der am Aufbau des *Bestandes* beteiligten Nadel- und Laubbäume. Im LFI beruht der terrestrisch ermittelte Mischungsgrad auf den *Basalflächen*anteilen der beiden Baumartengruppen. Unterschieden werden folgende Klassen: reiner Nadelwald (91–100% Nadelbäume), gemischter Nadelwald (51–90% Nadelbäume), gemischter Laubwald (11–50% Nadelbäume) und reiner Laubwald (0–10% Nadelbäume). Vgl. *Mischungsgrad (Luftbild)*.

Mitteldurchmesser Mittelwert der *Brusthöhendurchmesser* (BHD) aller gemessenen *Bäume* eines *Bestandes*, im LFI der Bäume und *Sträucher* ab 12 cm BHD.

Mittellangholz Nach den Schweizer Handelsgebräuchen für Rohholz (Waldwirtschaft Schweiz *et al.* 2010) Nadel*rundholz*-Sortiment von 6,5 bis 14,5 m Länge.

Mittelschicht *Bestandesschicht*, im LFI Gesamtheit der *Bäume* und der *Sträucher A* der *Gehölzarten*liste (typische *Gebüschwald*arten wie Legföhre oder Alpenerle), die in einer Höhe von ein bis zwei Drittel der *Oberhöhe* eine gegen unten und oben klar abgrenzbare *Kronen*schicht mit einem *Deckungsgrad* von mindestens 20% bilden.

Mittelwald *Waldform* mit Elementen des *Niederwaldes* und des *Hochwaldes*, bestehend aus einer *Unterschicht* aus *Stockausschlägen* und einer *Oberschicht* aus *Kernwüchsen*, z. T. auch aus in die Oberschicht durchgewachsenen Stockausschlägen.

Modell Auf die als wesentlich erachteten Wesenszüge reduziertes Abbild der Wirklichkeit. Im LFI als mathematische Formel oder logische Verknüpfung beschriebener Zusammenhang zwischen erhobenen und abgeleiteten Merkmalen (z. B. *Volumenfunktion*) oder der Veränderung derselben (z. B. *Zuwachs*).

Mortalität Im LFI *Schaftholzvolumen* aller *Bäume* und *Sträucher* mit einem *Brusthöhendurchmesser* (BHD) ab 12 cm, die zwischen zwei aufeinanderfolgenden *Inventuren* natürlicherweise abgestorben (z. B. durch Windwurf oder Insekten) oder verschwunden sind (z. B. durch Lawinen), aber nicht forstlich genutzt wurden. Die Mortalität ist die Summe von *natürlichen Abgängen* und *verbleibender Mortalität*.

Mortalität, verbleibende Im LFI *Schaftholzvolumen* der seit der Vor*inventur* abgestorbenen *Bäume* und *Sträucher* mit einem *Brusthöhendurchmesser* (BHD) von mindestens 12 cm, die als *Totholz* noch auf der *Probefläche* erfasst wurden. Die verbleibende Mortalität ist eine Komponente der *Mortalität*.

Nachhaltigkeit (forstliche) Prinzip, das darauf ausgerichtet ist, den *Wald* mit all seinen Wirkungen dauerhaft zu erhalten. Leitidee der *nachhaltigen Waldbewirtschaftung*.

Nachwuchs Verjüngung im Dauer- oder *Plenterwald*. Im LFI Gesamtheit aller *Bäume* unterhalb der *Kluppschwelle* von 12 cm *Brusthöhendurchmesser* (BHD).

Nadelholz Gesamtheit aller Nadel*gehölzarten*, d. h. Nadelbaum- und Nadelstraucharten. Entsprechend wird im LFI bei Auswertungen nach Gehölzarten von Nadel- und *Laubhölzern* und nicht von Nadel- und Laubbäumen gesprochen.

Naturgefahr Natürlich ablaufender Prozess, der Menschen oder Sachwerte gefährden kann. Im Schutzwaldmanagement stehen folgende Naturgefahren im Fokus: Lawinen, Steinschlag, Rutschungen, Hangmuren, Gerinneprozesse (Murgänge, Übersarung, Ufererosion). Siehe auch *Schutzwald*.

Naturnähe des Nadelholzanteils Übereinstimmung des gegenwärtigen *Nadelholz*anteils einer *Bestockung* mit dem postulierten natürlichen Nadelholzanteil der entsprechenden *potenziellen natürlichen Vegetation* (PNV). Im LFI wird die Naturnähe des Nadelholzanteils nur für Bestockungen im Verbreitungsgebiet der Laubmischwälder bewertet.

Naturschutzgebiet Gebiet, das zum Schutz von Lebensräumen oder von Tier- und Pflanzenarten entsprechend den Schutzzielen bewirtschaftet wird.

Naturverjüngung Natürlich durch Ansamung oder durch vegetative Vermehrung entstandene *Verjüngung*.

Naturwald *Wald*, der aus *Naturverjüngung* hervorgegangen ist und sich seit längerer Zeit ohne *Eingriff* des Menschen frei entwickelt. Im LFI werden alle Wälder, die seit mehr als 100 Jahren weder bewirtschaftet noch mit Vieh beweidet wurden, aus reiner Naturverjüngung entstanden sind und einen naturnahen *Nadelholz*anteil aufweisen, als Naturwälder betrachtet.

Nebenbestand *Bestandes*schicht, die nicht primär der Holzproduktion dient. Oft werden alle beherrschten und unterständigen *Bäume* dazugezählt.

Nebennutzung Entnahme von *Nichtholzprodukten* des *Waldes*, z. B. Streu, Harz, Beeren, Pilze, Wild, Kies.

Neophyt Pflanzenart, die vom Menschen nach 1492 (der Entdeckung Amerikas durch C. Kolumbus) absichtlich oder unabsichtlich in einen Lebensraum ausserhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes eingebracht wurde. Pflanzenarten, die (zum Teil schon Jahrhunderte) davor eingeführt worden waren (z. B. Edelkastanie, Nussbaum), werden als Archäophyten bezeichnet. Siehe auch *Art, eingeführte,* und *Art, gebietsfremde*.

Nettozuwachs *Zuwachs* (Bruttozuwachs) abzüglich des Volumens der *Mortalität*.

Nichtholzprodukte Alle Produkte des *Waldes* mit Ausnahme von Holz, also Pilze, Tiere und Pflanzen. Nichtholzprodukte werden vor allem als Nahrung, Futtermittel und Heilpflanzen genutzt.

Nichtwaldfläche Fläche, die die *Walddefinition* des LFI nicht erfüllt.

Niederwald Aus *Stockausschlag* oder *Wurzelbrut* hervorgegangener *Wald*, der mit kurzer *Umtriebszeit* (10–30 Jahre) bewirtschaftet wird.

Nutzung (Holznutzung) Im LFI *Schaftholz*volumen aller *Bäume* und *Sträucher* mit einem *Brusthöhendurchmesser* (BHD) von mindestens 12 cm, die zwischen zwei aufeinanderfolgenden *Inventuren* forstlich genutzt wurden. Die Nutzung errechnet sich dabei aus dem Schaftholzvolumen in Rinde der genutzten Bäume und Sträucher zum Zeitpunkt der ersten Inventur und der modellierten Zunahme des Schaftholzvolumens in Rinde während der halben Inventurperiode.

Nutzung (Waldnutzung) Anthropogene Inanspruchnahme von *Waldwirkungen*, z. B. Entnahme von Rohstoffen, Beanspruchung von Schutzleistungen, Begehung der *Waldfläche* zwecks *Erholung*.

Nutzung, forstliche Entnahme von *Bäumen* und Holz (durch waldbauliche *Eingriffe*) oder von anderen Waldressourcen (z. B. Harz, Samen).

Oberhöhe (h_{dom}) Mittlere Höhe der 100 stärksten (= dicksten) *Bäume* pro Hektare. Bezogen auf das *Bestandesalter* von 50 Jahren bildet die Oberhöhe in den schweizerischen *Ertragstafeln* die *Bonität*.

Oberschicht *Bestandesschicht*, im LFI Gesamtheit der *Bäume* und der *Sträucher A* der *Gehölzarten*liste (typische *Gebüschwald*arten wie Legföhre oder Alpenerle), die in einer Höhe von mehr als zwei Dritteln der *Oberhöhe* eine gegen unten klar abgrenzbare *Kronen*schicht mit einem *Deckungsgrad* von mindestens 20% bilden.

Ökosystem Funktionale Gemeinschaft von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen (*Biozönose*), die untereinander und mit ihrer unbelebten Umwelt (*Biotop*) in Wechselbeziehung stehen. Siehe auch *Waldökosystem*.

Ökoton Grenzbereich zwischen verschiedenen *Pflanzengesellschaften* oder *Biotopen* (Saum- oder Übergangsbiotop). Ökotone sind Lebensräume für Lebewesen der Nachbarbiotope und für Lebewesen, die sich auf das Ökoton selbst spezialisiert haben.

Ökotonwert des Waldrandes Masszahl zur ökologischen Beurteilung des *Waldrandes* als Lebensraum für Tiere und Pflanzen. Das im LFI verwendete Ökotonwertmodell beruht auf den Kriterien *Gehölzartenvielfalt* und *Strukturvielfalt* des Waldrandes.

Pflanzengesellschaft (Assoziation) Floristisch definierte Einheit der Vegetationsgliederung, die durch das Vorkommen bestimmter Pflanzenarten gekennzeichnet ist.

Pflanzung Tätigkeit, bei der aus Saat oder vegetativ vorgezogene *Bäume* oder *Sträucher* (Setzlinge) an deren endgültigem *Standort* so in den Boden eingesetzt werden, dass ihr Anwachsen gewährleistet ist.

Pflege Alle waldbaulichen Massnahmen zwischen Bestandesbegründung und Einleitung der *Verjüngung*. Im LFI waldbaulicher Eingriff im *Jungwald* (Jungwaldpflege).

Pionierbaumart *Baumart*, die in frühen Sukzessionsstadien häufig vorkommt und folgende Eigenschaften aufweist: jährliche Fruktifikation, Bildung grosser Mengen von leicht verbreitbaren Samen, geringe Schattentoleranz, grosse Toleranz gegenüber extremen Klimabedingungen (Frost, Trockenheit, Wind, Einstrahlung), schnelles Jugendwachstum, geringe Lebensdauer.

Plantage *Bestockung* aus einer einzigen *Baumart* (Monokultur), die mit landwirtschaftlichen Methoden (Bodenbearbeitung, maschinelle Pflanzung, Düngung) begründet, mit schematischen *Durchforstungen* gepflegt und mit relativ kurzer *Umtriebszeit* bewirtschaftet wird.

Plenterung (Plenterhieb) Waldbaulicher *Eingriff* im *Plenterwald*. Einzelstammweise *Nutzung*, die gleichzeitig folgende Ziele verfolgt: Nutzung hiebsreifer *Stämme*, Auslese von Wertträgern, kleinflächige Erhaltung der stufigen *Bestandesstruktur* und der *Verjüngung*.

Plenterwald *Wald* mit stufiger *Struktur*, in dem *Bäume* aller Stärkeklassen nebeneinander wachsen und in dem als *Eingriff*sart stets die *Plenterung* praktiziert wird.

Privatwald *Wald*, der Privatpersonen oder privatrechtlichen Körperschaften gehört.

Probebaum *Baum*, der Bestandteil der *Stichprobe* einer *Inventur* ist. Im LFI stehender oder liegender, lebender oder toter Baum oder *Strauch* auf einer *Probefläche* des Landesforstinventars, dessen *Brusthöhendurchmesser* (BHD) mindestens 12 cm beträgt.

Probefläche Im LFI zufällig oder systematisch ausgewählter Teil der *Waldfläche*, auf dem die *Baum-*, *Bestandes-* und Flächenmerkmale erhoben werden. Die Probeflächen des LFI4 bestehen aus einer *Interpretationsfläche* von 50 × 50 m für die Ansprache von Bestandesmerkmalen, aus zwei konzentrischen Kreisflächen von 2 und 5 Aren für die Aufnahme der *Probebäume*, aus vier konzentrischen Kreisflächen für die Aufnahme der *Jungwaldpflanzen* und aus drei Tansektstrecken von je 10 m Länge zur Erhebung des *LIS-Totholzes*. Siehe Abb. **004.**

Probefläche, permanente Für periodisch wiederholte Aufnahmen eingerichtete *Probefläche*.

Produktionsregion Region mit relativ einheitlichen Wuchs- und Holzproduktionsbedingungen. Im LFI wurde die Schweiz in die Produktionsregionen Jura, Mittelland, Voralpen, Alpen und Alpensüdseite eingeteilt. Siehe auch *Aussageeinheit*.

Räumung Flächige *Nutzung* des verbleibenden *Bestandes*. Die Räumung dient der *Holzernte* und der Freistellung bereits vorhandener *Verjüngung* oder der Begründung von *Jungwald*.

Reinbestand *Bestand* einer einzigen *Baumart* ohne oder mit einer ökologisch unbedeutenden Beimischung anderer Baumarten.

Reinbestand, Laubholz- Im LFI *Bestand* mit einem *Laubholz*anteil *(Basalfläche)* von 91–100%.

Reinbestand, Nadelholz- Im LFI *Bestand* mit einem *Nadelholz*anteil *(Basalfläche)* von 91–100%.

Reisig Holz von *Schaft* und Ästen mit einem Durchmesser von weniger als 7 cm in Rinde. Siehe auch Abb. **049.**

Reisten *Rücken* des Holzes mit Handwerkzeugen und unter Ausnützung der Schwerkraft.

Rodung Dauernde oder vorübergehende Zweckentfremdung von Waldareal (Waldboden), auch wenn es sich um nicht bestockte Flächen handelt.

Rotte Wuchsgemeinschaft von *Bäumen*, die kleinflächig gedrängt stehen, unterschiedliche Baumhöhen und einen gemeinsamen, langen *Kronen*mantel aufweisen.

Rottenstruktur *Bestandesstruktur* mit gedrängt stehenden, voneinander abgrenzbaren Baumkollektiven *(Rotten)*. Rottenstrukturen kommen hauptsächlich in der subalpinen *Vegetationshöhenstufe* als Folge von kleinflächig wechselnden *Standort*bedingungen vor.

Rückedistanz Gesamtdistanz, über die das geschlagene Holz mit einem oder mehreren Rückemitteln von der *Probefläche* bis zu jener *Lastwagenstrasse* gebracht wird, von der aus der Weitertransport per Lastwagen erfolgt.

Rückegasse B*estockungs*freie *Schneise*, die im traktorbefahrbaren Gelände ohne Erdarbeiten angelegt wurde und dem Holztransport aus dem *Bestand* zur nächsten *Lastwagenstrasse* dient.

Rücken Geländetransport gefällter *Stämme* als *Vollbaum* oder in Form von Holz*sortimenten* vom Fällort an jene *Lastwagenstrasse*, von der aus der Weitertransport per Lastwagen erfolgt.

Rundholz Im LFI das nach den Schweizer Handelsgebräuchen für Rohholz (Waldwirtschaft Schweiz *et al.* 2010) sortierbare *Schaftderbholz* ohne Rinde und *Stock*. Siehe auch *Kurzholz, Mittellangholz, Langholz*.

Sanitärhieb Waldbaulicher *Eingriff*, bei dem geworfene, sonst wie geschädigte, kranke oder tote *Bäume* entnommen werden.

Schaden (an Bäumen) Verletzung oder Krankheit, die die physiologischen Prozesse eines *Baumes* beeinträchtigt oder den Holzwert vermindert. Im LFI werden Schäden wie freigelegte Holzkörper, Schaftbrüche, Rindennekrosen oder Harzfluss an den *Probebäumen* erfasst.

Schaden (an Jungwaldpflanzen) Durch biotische oder abiotische Faktoren verursachte Beeinträchtigung von *Jungwaldpflanzen*. Im LFI werden Schäden wie *Verbiss*, Pilzkrankheiten, Schneegleiten oder *Holzernte* im Rahmen der Jungwaldaufnahme erfasst.

Schaden (Waldschaden) Durch biotische oder abiotische Faktoren verursachte Störung des Waldes, die den Tod oder einen massiven Verlust der Vitalität, der Produktivität oder des Wertes von *Bäumen* oder anderen Komponenten des *Waldökosystems* zur Folge hat. Im LFI werden Waldschäden mit den Merkmalen *Schädigungsgrad des Bestandes* und *Flächenschäden* beurteilt.

Schädigungsgrad Mass für die Schädigung von *Bäumen* oder von *Beständen*, im LFI abgeleitet aus den Schäden an *Probebäumen*.

Schaft (Baumschaft) Hauptachse eines *Baumes* von der Bodenoberfläche bis zum *Wipfel*. Siehe auch Abb. **049.**

Schaftderbholz Holz des *Schaftes* mit einem Durchmesser von mindestens 7 cm, im LFI in der Regel in Rinde. Siehe auch Abb. **049.**

Schaftholz Holz des *Schaftes* vom Stammanlauf bis zum *Wipfel* (ohne *Astholz*), unterteilbar in *Schaftderbholz* und *Schaftreisig*, im LFI in Rinde. Siehe auch Abb. **049.**

Schaftreisig Holz des *Schaftes* mit weniger als 7 cm Durchmesser in Rinde. Siehe auch Abb. **049.**

Schalenwild Sammelbegriff für wild lebende Paarhufer, im LFI für die Tierarten Hirsch, Reh und Gämse.

Schälschaden Durch das Abreissen von Rinde durch den Hirsch verursachte Freilegung des Holzkörpers an *Bäumen* und *Sträuchern*.

Schicht Siehe *Bestandesschicht*.

Schlussgrad Mass der gegenseitigen Bedrängung der *Baumkronen* in gleichförmigen *Beständen*. Im LFI werden die Schlussgrade gedrängt, normal, locker, räumig, aufgelöst, gruppiert gedrängt, gruppiert normal und Stufenschluss unterschieden.

Schneise Waldstreifen mit Niederhaltegebot, z. B. wegen Freileitungen oder Luftseilbahnen. Die maximalen Baumhöhen und damit die forstliche Produktion sind eingeschränkt.

Schutzfunktion Siehe *Waldfunktion* und *Schutzwald*.

Schutzwald *Wald*, der eine *Schutzwirkung* erbringt, ungeachtet allfälliger weiterer *Waldfunktionen*. Die Schutzwirkungen umfassen allgemein den Schutz vor *Naturgefahren*, den Trinkwasser- und Bodenschutz sowie den Wind-, Lärm- und Sichtschutz. Im LFI bezieht sich der Begriff auf den Trinkwasserschutz und den Schutz vor Naturgefahren.

Schutzwald LFI4 (Schutzwald gegen Naturgefahren) Flächen, die die LFI-*Waldde*finition erfüllen und sich innerhalb des Schutzwaldperimeters von SilvaProtect-CH (Stand 2013) befinden. Wälder im Schutzwaldperimeter von SilvaProtect-CH können ein anerkanntes Schadenpotenzial gegen eine bestehende *Naturgefahr* schützen oder die damit verbundenen Risiken reduzieren (Losey und Wehrli 2013).

Schutzwaldregion *Aussageeinheit*, die eine statistisch aussagekräftige Auswertung zum *Schutzwald* gegen *Naturgefahren* erlaubt. Die 6 Schutzwaldregionen wurden aus den 14 *Wirtschaftsregionen* gebildet. Vgl. Abb. **009** und Tab. **212.**

Schutzwirkung (gegen Naturgefahren) Fähigkeit einer *Bestockung*, die Entstehung einzelner oder mehrerer *Naturgefahren* zu verhindern oder deren Wirkung zu vermindern. Siehe auch *Waldwirkung*.

Schwachholz Im LFI *Schaftderbholz*, das nicht den Rundholzklassen 1–6 der Schweizer Handelsgebräuche für Rohholz (Waldwirtschaft Schweiz *et al.* 2010) zugeordnet werden kann.

Selve Parkartige, mit Edel*kastanien* oder Nussbäumen bestockte Weide, die sowohl der *Nutzung* von Holz und Früchten als auch der Heugewinnung oder als Weide dient. Selven sind in der Schweiz vor allem auf der Alpensüdseite verbreitet.

Senior Im LFI ein mindestens 200 Jahre alter *Baum*.

Sortiment Holzprodukt bestimmter Dimension und/oder Qualität aufgrund von Vereinbarungen im Holzhandel. Im LFI werden potenziell nutzbare *Rundholz*sortimente aufgrund der modellierten Stammdimensionen (Mittendurchmesser, *Zopf*durchmesser, Länge) berechnet.

Stabilität Siehe *Bestandesstabilität*.

Stabilitätsanforderungen *Struktur*parameter, die im *Schutzwald* als Zielvorstellung zur ausreichenden Reduktion der Wirkung von *Naturgefahren* verwendet werden. Sie basieren auf den Vorstellungen über die Struktur und die *Stabilität* von *Naturwäldern* und sind nach *Standorttypen (Waldgesellschaften)* und Naturgefahren differenziert. Im LFI wurden darauf aufbauend qualitative Kriterien zum *Bestandesaufbau* als Grundlage für die Beurteilung der mittel- bis langfristigen Erhaltung der *Schutzwirkung* definiert.

Stamm Verholzte Hauptachse von *Bäumen*, im LFI bis zum ersten grünen Ast (ohne *Klebäste*).

Stammanlauf Im LFI Stammabschnitt eines Baumes von der Bodenoberfläche bis 0,5 m.

Stammzahl Anzahl *Stämme*, absolut oder pro Flächeneinheit, in der Regel Stammzahl pro Hektare. Im LFI nur lebende *Bäume* und *Sträucher* (stehende und liegende) mit einem *Brusthöhendurchmesser* (BHD) ab 12 cm. Siehe auch *Gesamtstammzahl*.

Stand Density Index (SDI) Siehe *Bestandesdichteindex*.

Standardabweichung Quadratwurzel aus dem Durchschnitt der quadrierten Abweichungen von Einzelwerten zu ihrem Mittelwert. Die Standardabweichung dient als Mass für die Streuung der untersuchten Grundgesamtheit.

Standardfehler *Standardabweichung* von statistischen Masszahlen (z. B. Mittelwert). Der Standardfehler wird im Allgemeinen mithilfe der Varianz der Beobachtungswerte geschätzt.

Standort Gesamtheit aller Umwelteinflüsse, die an einem bestimmten Ort auf Lebewesen einwirken.

Standortfaktoren Auf Pflanzen einwirkende, äussere Einflüsse der belebten (biotischen) und unbelebten (abiotischen) Umwelt. Primäre Standortfaktoren (Wasser, Wärme, Licht, chemische und mechanische Faktoren) wirken direkt, sekundäre Standortfaktoren (klimatische, edaphische, orografische, biotische) indirekt auf die Pflanzen.

Standortgüte Von der vorhandenen *Bestockung* unabhängige Produktionsfähigkeit des *Standortes*. Die Standortgüte wird im LFI in vier Klassen unterschiedlicher *Gesamtwuchsleistung* (GWL) gruppiert.

Standorttyp Zusammenfassung von Standorten mit gleichen oder ähnlichen ökologischen Eigenschaften. Das System der Standorttypen wird in der Wegleitung «Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald» (Frehner *et al.* 2005) verwendet, um die Schweizer Waldstandorte nicht allein aufgrund von floristischen Merkmalen (vgl. *Waldgesellschaft*), sondern auch aufgrund von standörtlichen (z. B. Geologie, Topografie, Boden) einzuteilen.

Stangenholz *Entwicklungsstufe* im *gleichförmigen Hochwald*, im LFI *Bestand* mit einem *dominanten Brusthöhendurchmesser* (BHD_{dom}) zwischen 12 und 30 cm.

Starkholz *Bäume* mit einem *Brusthöhendurchmesser* (BHD) über 50 cm.

Starkholzbestand Im LFI *Bestand* mit einem *dominanten Brusthöhendurchmesser* (BHD_{dom}) von über 50 cm, entspricht im *gleichförmigen Hochwald* der *Entwicklungsstufe* starkes *Baumholz*.

Stichprobe Teil der Grundgesamtheit, der systematisch oder zufällig ausgewählt und erfasst wird. Die Stichprobe erlaubt die Schätzung von metrischen oder kategorialen Merkmalen der Grundgesamtheit.

Stichprobenfehler Zufällige Abweichung der aus einer Stichprobe geschätzten Grösse (z. B. Mittelwert) vom wahren Wert der Grundgesamtheit. Als Mass für die Grösse des Stichprobenfehlers dient der *Standardfehler*.

Stock (Stockholz) Oberirdischer Teil des *Baumes* unterhalb des Fällschnittes mit einer maximalen Höhe von 1,3 m über Boden. Für die Sortierung (oder Aufteilung) des Baumes in Baumkomponenten (Abb. **049**) wird im LFI eine Stockhöhe von 0,3 m verwendet.

Stockausschlag Nach dem Fällen eines *Baumes* aus dem verbleibenden *Stock* ausschlagender *Trieb*. Stockausschläge können bei einigen *Baumarten* zur *Verjüngung* des *Bestandes* verwendet werden.

Strauch Ausdauerndes Holzgewächs, das von Grund auf (basiton) verzweigt ist und nicht über 5 m hoch werden kann.

Strauchart Im LFI Arten, die in der Gehölzartenliste der jeweiligen Inventur als Strauchart geführt sind.

Strauchgürtel Dem *Waldmantel* vorgelagerter Saum aus *Gehölz*pflanzen (exklusive Zwergsträucher) unter 12 cm *Brusthöhendurchmesser* (BHD).

Strauchschicht In der Vegetationskunde Schicht, die primär von *Sträuchern* gebildet wird, mit einer Obergrenze von 5 m. Im LFI alle Gehölzpflanzen von 0,5 m bis 3,0 m Höhe sowie die Äste höherer *Bäume* und Sträucher in diesem Höhenbereich.

Struktur Siehe *Bestandesstruktur*.

Strukturvielfalt (Waldbestand) Kenngrösse zur Charakterisierung des *Bestandes* als Lebensraum, abgeleitet aus den Parametern *Entwicklungsstufe*, *Schlussgrad*, *Bestandesstruktur*, *Starkholz*anteil, *Schädigungsgrad* des Bestandes, Vorhandensein von *Wald-* oder Bestandes*rand*, Vorkommen und Art von Lücken im Bestand, *Deckungsgrad* der *Strauchschicht*, Deckungsgrad der Beerensträucher sowie aus dem Vorkommen von *Stöcken*, liegendem *Totholz*, *Dürrständern* und Asthaufen.

Strukturvielfalt (Waldrand) Kenngrösse zur Charakterisierung des vertikalen und horizontalen Aufbaus des *Waldrandes*, abgeleitet aus den Merkmalen Aufbau, Verlauf und Dichte des Waldrandes und der Breite von *Waldmantel*, *Strauchgürtel* und *Krautsaum*.

Tanne (Hauptbaumart) Alle *Arten* der *Gattung Abies: A. alba* Mill., andere *A.* sp.

Tarif(funktion) Funktion zur Volumenbestimmung eines *Baumes* mit einer einzigen Messgrösse, meist des *Brusthöhendurchmessers* (BHD).

Tarifprobebaum *Probebaum*, an dem zusätzliche Messungen (z. B. Baumhöhe, *Durchmesser in 7 m Höhe* [d7]) für die Tarifberechnung und die Biaskorrektur der Volumenschätzung durchgeführt werden.

Tieflagen Gebiete in tieferen Lagen. Im LFI werden die kolline/submontane und die untere montane *Vegetationshöhenstufe* zu den Tieflagen zusammengefasst. Das Gegenstück sind die *Hochlagen*.

Totholz Liegende und stehende (*Dürrständer*) tote *Bäume* und *Sträucher*.

Totholz, LIS- Im LFI liegendes *Totholz* mit einem Durchmesser von mindestens 7 cm, das keinem *Probebaum* zugeordnet werden kann.

Totholzbasalfläche Im LFI Summe der Stammquerschnittsflächen in 1,3 m Höhe (Messstelle für den *Brusthöhendurchmesser* [BHD]) der toten *Bäume* und *Sträucher* (stehende und liegende) ab 12 cm BHD. Siehe auch *Gesamtbasalfläche*.

Totholzmenge Im LFI Summe von *Totholzvolumen* und *LIS-Totholz*.

Totholzstammzahl Im LFI Anzahl *Stämme* der toten *Bäume* und *Sträucher* (stehende und liegende) mit einem *Brusthöhendurchmesser* (BHD) ab 12 cm. Siehe auch *Gesamtstammzahl*.

Totholzvolumen Im LFI4 eingeführter Begriff für das *Schaftholz*volumen in Rinde aller toten *Bäume* und *Sträucher* (stehende und liegende) ab 12 cm *Brusthöhendurchmesser* (BHD). Bis und mit LFI3 wurde noch der Begriff «Totholzvorrat» verwendet, der das Schaftholzvolumen in Rinde der toten Bäume und Sträucher beinhaltete, bei denen sich die Art noch bestimmen liess (LFI1, LFI2, LFI3) und das mindestens noch als Brennholz verwendbar gewesen wäre (LFI1). Beim LFI1 wurden zudem die liegenden grünen Bäume zum Totholz gezählt. Infolge dieser methodischen Änderungen kann das Totholzvolumen LFI1 nicht direkt mit jenem der späteren LFI-Erhebungen verglichen werden. Das Totholzvolumen ist Teil des *Gesamtholzvolumens*.

Totholzvorrat Siehe *Totholzvolumen*.

Trämel Umgangssprachlicher Begriff für *Kurzholz*.

Trieb (Spross) Beblätterte *Stamm-* oder Astachse.

Überführung Wechsel der *Betriebsart* eines *Bestandes* unter Verwendung der vorhandenen *Bestockung* mittels *Durchforstung*. Besonders häufig ist die Überführung von *Nieder-* oder *Mittelwald* in *Hochwald;* daneben kommt auch die Überführung von schichtigen in stufige Hochwälder vor (Plenterüberführung).

Umfrage Erhebung von Daten durch Befragung. Für die *Probeflächen* des LFI4 wurden Informationen über die *Waldfunktionen*, die *Walderschliessung*, die Waldentstehung, die *Waldnutzung*, den *Holzhauerei-* und Rückeaufwand, die Art der *Holzernte* und die bei der Holzernte verwendeten Rückemittel durch Befragung des Forstdienstes erhoben.

Umtriebszeit Planmässig festgelegter Zeitraum zwischen Begründung und *Räumung* eines *Bestandes* im schlagweisen *Hochwald*.

Umwandlung Wechsel der *Betriebsart* oder der *Baumart* durch flächige *Räumung* der bestehenden *Bestockung* und Begründung eines neuen *Bestandes* durch *Pflanzung* oder Saat.

Unterschicht *Bestandesschicht,* im LFI Gesamtheit der *Bäume* und der *Sträucher A* der *Gehölzartenliste* (typische *Gebüschwald*arten wie Legföhre oder Alpenerle), die höchstens einen Drittel der *Oberhöhe* erreichen und einen *Deckungsgrad* von mindestens 20% aufweisen.

Urwald *Wald*, für den frühere *Nutzungen* durch den Menschen weder bekannt noch erkennbar sind oder so unbedeutend waren und so weit zurückliegen, dass sie keinen Einfluss auf die heutige *Baumarten*zusammensetzung, Wald*struktur, Totholz*menge und Walddynamik erkennen lassen.

Vegetation, potenzielle natürliche (PNV) Gedachter natürlicher Zustand der Vegetation, der sich für heute entwerfen lässt, wenn die menschliche Wirkung auf die Vegetation unter den heute vorhandenen Lebensbedingungen beseitigt und die natürliche Vegetation sozusagen schlagartig in das neue Gleichgewicht eingeschaltet gedacht würde.

Vegetationshöhenstufe Gesamtheit der *Standorte* mit ähnlichen pflanzensoziologischen Verhältnissen unter Berücksichtigung der massgebenden *Standortfaktoren*, insbesondere der Höhenlage.

Verbiss Auf das *Schalenwild* zurückgehende Frassspuren an *Bäumen* oder *Sträuchern*, die durch das Abäsen von Knospen oder jungen *Trieben* entstehen. Im LFI wird nur der Verbiss am *Gipfeltrieb* der *Jungwaldpflanzen* bis 130 cm Höhe erfasst.

Verbissintensität Anteil der *Bäume* und *Sträucher*, bei dem das *Schalenwild* im Verlauf des letzten Jahres den *Gipfeltrieb* oder die Gipfelknospe abgebissen hat.

Verbissintensität, kritische Verbissintensität, bei deren Überschreitung verbissbedingt Ausfälle von *Bäumen* zu erwarten sind.

Verjüngung (Tätigkeit) Walderneuerung durch waldbauliche Massnahmen im *Altbestand (Lichtung oder Räumung)* oder auf Räumungsflächen. Es wird zwischen künstlicher und natürlicher Verjüngung unterschieden.

Verjüngung (Waldverjüngung) Im LFI steht der Begriff meist für die Gesamtheit der *Bäume* und *Sträucher* ab 10 cm Höhe bis zu einem *Brusthöhendurchmesser* (BHD) von 11,9 cm.

Verjüngung unter Schirm Unter dem *Kronen*schirm eines *Altbestandes* stehende *Verjüngung*, die den zukünftigen *Hauptbestand* bilden soll. Im LFI *Auswertungseinheit*, die alle schichtigen *Bestände* zusammenfasst, in denen in den letzten 10 Jahren Massnahmen zur Einleitung oder Förderung der Verjüngung durchgeführt wurden.

Verjüngung, künstliche Walderneuerung durch Saat oder *Pflanzung*.

Verjüngung, natürliche Walderneuerung durch natürliche Ansamung oder vegetative Vermehrung.

Verjüngungsart Art der *Bestandes*begründung. Es wird zwischen natürlicher und künstlicher *Verjüngung* unterschieden.

Verjüngungsbestand (verjüngungsrelevanter Bestand) *Bestand,* in dem die vorhandene *Verjüngung* eine grosse Bedeutung hat, weil sie höchstwahrscheinlich den zukünftigen *Hauptbestand* bilden wird. Im LFI werden darunter die *Entwicklungsstufe* Jungwuchs/Dickung, die *Verjüngung unter Schirm* und der *Waldtyp plenterartiger Hochwald* verstanden.

Vielfalt, biologische Siehe *Biodiversität*.

Vollbaum *Baum*, der vollständig (d. h. mit Ästen) aus dem *Bestand* transportiert wird und erst auf der Waldstrasse maschinell aufgerüstet (entastet und zu *Sortimenten* zugeschnitten) wird. Neben dem *Schaftholz* werden auch Kappholz, Äste, Rinde und evtl. Nadeln genutzt.

Volumenfunktion Formel zur Ermittlung des *Baum*volumens mit mehreren Messgrössen. Als Messgrössen werden im LFI der *Brusthöhendurchmesser* (BHD), der *Durchmesser in 7 m Höhe* (d7) und die Baumhöhe verwendet. Volumenfunktionen wurden anhand von liegend vermessenen *Probebäumen* aus ertragskundlichen Versuchsflächen entwickelt und erlauben mit den drei Eingangsgrössen eine relativ genaue Bestimmung des *Schaftholz*volumens eines einzelnen Baumes.

Vorrat *Schaftholz*volumen in Rinde der lebenden *Bäume* und *Sträucher* (stehende und liegende) ab 12 cm *Brusthöhendurchmesser* (BHD). Siehe auch *Gesamtholzvolumen.*

Vortransport Holztransport auf beschränkt lastwagenbefahrbaren Strassen vom normalen Endpunkt des *Rückens* (nächste *Lastwagenstrasse* LFI) zum Verkaufsort (zentraler Holzlagerplatz, Bahnstation).

Wald Ökosystem, das dauerhaft mit *Bäumen* bewachsen ist. Die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der UNO (FAO) spricht von Wald, wenn der *Deckungsgrad* mindestens 10% und die Ausdehnung mindestens 0,5 ha beträgt, bei einer erreichbaren Mindesthöhe der Bäume von 5 m. Im LFI werden jene Flächen als Wald bezeichnet, die die *Walddefinition* LFI erfüllen.

Wald, öffentlicher *Wald*, der einer öffentlich-rechtlichen Körperschaft gehört, d. h. *Wald* des Bundes, der Kantone, der politischen Gemeinden, Bürgergemeinden und öffentlich-rechtlichen Korporationen. Vgl. *Privatwald*.

Wald, zugänglicher, ohne Gebüschwald *Waldprobeflächen,* die zu weniger als zwei Dritteln mit *Sträuchern* bestockt und zugänglich sind. Wichtigste *Auswertungseinheit* für Zustandsauswertungen im LFI.

Wald, zugänglicher, ohne Gebüschwald LFI3/LFI4 *Waldprobeflächen*, die zu weniger als zwei Dritteln mit *Sträuchern* bestockt und zugänglich sind und die sowohl im LFI3 als auch im LFI4 aufgenommen wurden («gemeinsame Probeflächen»). Wichtigste Auswertungseinheit für Veränderungsauswertungen im LFI4.

Waldaufbau Quantitative Beschreibung des Waldzustandes in Bezug auf *Stammzahl*, *Vorrat*, *Baumarten*, *Bestandesstruktur*, *Entwicklungsstufen*, *Schlussgrad* usw.

Waldbestand Siehe *Bestand.*

Waldbewirtschaftung, nachhaltige Nachhaltige Waldbewirtschaftung bedeutet die Betreuung und *Nutzung* der Wälder auf eine Weise und in einem Masse, dass sie ihre *biologische Vielfalt*, ihre Produktivität, Erneuerungsfähigkeit und Vitalität sowie ihre Fähigkeit behalten, jetzt und in Zukunft die relevanten ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Funktionen zu erfüllen, ohne andere Ökosysteme zu beeinträchtigen (gemäss Forest Europe).

Waldboden Durch Wald*bäume* bestockter und dadurch in seiner Bodenbildung beeinflusster Boden.

Walddefinition Entscheidungsgrundlage zur Abgrenzung von *Wald* und *Nichtwald*. Im LFI sind die Kriterien minimaler *Deckungsgrad* von 20%, minimale *Oberhöhe* von 3 m und *Mindestbreite* (25 bis 50 m Waldbreite, abhängig vom *Deckungsgrad*) für den Wald/Nichtwald-Entscheid massgebend. Siehe auch Kapitel 1.2.

Walderschliessung Anlagen und Einrichtungen, die v. a. dem Transport der gefällten Baum*stämme* vom Fällort zum Verkaufsort dienen, d. h. *Waldstrassen* und Seilbahnen (Groberschliessung), *Maschinenwege*, *Rückegassen*, Seilschneisen und Reistzüge (Feinerschliessung).

Waldfläche Gesamtheit aller Flächen, die gemäss *Walddefinition* des LFI als *Wald* bezeichnet werden. Umfasst Wald und *Gebüschwald*.

Waldfläche, dauernd nicht bestockte Fläche, die gemäss *Walddefinition* des LFI zur *Waldfläche* gehört und dauernd nicht bestockt ist, z. B. Waldstrasse, Bach, Lawinenzug im Wald, Blösse. Die maximale Ausdehnung einer unbestockten Fläche beträgt im LFI 25 m.

Waldfläche, unzugängliche Fläche, die die *Walddefinition* des LFI erfüllt, aber aus Sicherheitsgründen nicht aufgesucht wurde.

Waldfläche, vorübergehend nicht bestockte Im Zeitpunkt der *Probeflächen*aufnahme nicht genügend bestockte Waldfläche (mit einem *Deckungsgrad* kleiner als 20%), z. B. Schlag-, Brand- oder Sturmflächen, die zur Wiederbestockung vorgesehen sind.

Waldform Grundform des Waldes: *Hochwald* (gleichförmig, ungleichförmig, plenterartig), *Mittelwald*, *Niederwald* und als Spezialformen *Selven* und *Plantagen*. Die Waldformen werden im LFI für die Definition der *Waldtypen* verwendet.

Waldformation Im LFI Zusammenzug von *Standorttypen* bzw. *Waldgesellschaften* zu einer höheren Einheit, z. B. Buchenwälder.

Waldfunktionen Im LFI gesellschaftliche Ansprüche, die ein Wald erfüllt oder erfüllen kann. Die wichtigsten Waldfunktionen sind Schutz vor *Naturgefahren*, Holzproduktion, Trinkwasserschutz, Naturschutz und Freiraum für Erholungs- und Freizeitaktivitäten.

Waldgesellschaft Von *Bäumen* dominierte *Pflanzengesellschaft*.

Waldgrenze Standörtlich bedingte Grenzzone zwischen geschlossenem *Wald* und weiträumig stehenden Baumkollektiven oder Einzelbäumen.

Waldinventur Periodische Erfassung von *Baum-* und *Bestandes*merkmalen als Grundlage für das Waldmonitoring und die Waldplanung auf betrieblicher, kantonaler oder nationaler Ebene.

Waldmantel Teil des *Waldrands*, der aus einzelnen Individuen oder abgestuften Reihen von typischen Randbäumen (einseitige, eher lange Kronen) ab 12 cm *Brusthöhendurchmesser* (BHD), inklusive der darunter wachsenden *Strauchschicht*, besteht.

Waldnutzung Siehe *Nutzung (Waldnutzung)*.

Waldökosystem Ökosystem, das von *Bäumen* geprägt ist.

Waldrand Grenz- oder Übergangsbereich der Vegetationsform *Wald* zu anderen Elementen der Landschaft. Der Waldrand kann *Waldmantel*, *Strauchgürtel* und *Krautsaum* umfassen. Siehe auch *Ökoton*.

Waldstrasse Siehe *Lastwagenstrasse*.

Waldtyp Gesamtheit von *Wäldern*, die nach Entstehung, *Struktur* und *Baumartenzusammensetzung* eine gewisse Ähnlichkeit zeigen. Im LFI werden die Waldtypen mithilfe der Merkmale Nutzungskategorie, Waldtyp nach *Aufnahmeanleitung LFI*, *Waldform*, *Bestandesstruktur* und *Entwicklungsstufe* gebildet.

Waldweide Beweidung des *Waldes* durch Vieh (Kühe, Rinder, Pferde, Schweine, Schafe oder Ziegen). Die Waldweide stellt eine kombinierte land- und forstwirtschaftliche Nutzung dar.

Waldwirkungen Wirkungen des *Waldes* als Vegetationsform auf die abiotische (Boden, Luft usw.) und die biotische (Fauna, Flora, Mensch) Umwelt. Die Wirkungen des Waldes sind abhängig von dessen Ausdehnung, Verteilung, *Struktur* und *Baumartenzusammensetzung*.

Wasserreis Siehe *Klebast*.

Wiederholungsaufnahme Im LFI von der Erstaufnahme unabhängige zufällige Zweitaufnahme eines Teils der Stichprobe zur Beurteilung der Datenqualität (Reproduzierbarkeit). Vgl. *Kontrollaufnahme*.

Wildschäden Durch *Schalenwild* verursachte Schäden an Waldpflanzen: *Schäl-, Fege-,* Schlag- und *Verbissschäden*.

Wipfel (Baumwipfel) Oberster *Trieb* eines *Baumes* oder *Strauches*.

Wirtschaftsplan Siehe *Betriebsplan*.

Wirtschaftsregion *Aussageeinheit*, die eine statistisch aussagekräftige und regional differenzierte Auswertung von LFI-Daten erlaubt. Zu diesem Zweck wurden die 5 *Produktionsregionen* des LFI in 14 wirtschaftsgeografische Regionen eingeteilt. Siehe Abb. **009.**

Wurzel Unterirdisches Baumteil mit einem Durchmesser von mindestens 2 mm.

Wurzelbrut *Triebe*, die aus Wurzelknospen oder Knospen an oberflächlichen *Wurzeln* entstanden sind.

Wurzel-Spross-Verhältnis Verhältnis der Wurzelmasse zur oberirdischen *Biomasse*.

Wytweide Mit Wald*bäumen* bestockte Weide, die der schweizerischen Waldgesetzgebung unterstellt ist.

Zielgrössen Aus einer *Stichprobe* berechnete Summen (Totale), Mittelwerte oder Anteile von Merkmalen der Grundgesamtheit.

Zopfdurchmesser Durchmesser des dünneren (oberen) Endes eines *Rundholz*stücks.

Zuwachs (Bruttozuwachs) Zunahme des Holzvolumens. Im LFI wird unter dem Zuwachs der Bruttozuwachs verstanden. Er umfasst die Zunahme des *Schaftholz*volumens in Rinde der zwischen zwei Inventuren überlebenden *Bäume* und *Sträucher* mit einem *Brusthöhendurchmesser* (BHD) ab 12 cm, das Schaftholzvolumen in Rinde aller eingewachsenen Bäume und Sträucher und die modellierte Zunahme des Schaftholzvolumens in Rinde der *Abgänge* während der halben Inventurperiode. Vgl. *Nettozuwachs*.

Zwangsnutzung Ungeplante *Nutzung* aufgrund von abiotisch (Schnee, Sturm) oder biotisch (z. B. Borkenkäfer) bedingten *Schäden*. Vgl. *Sanitärhieb*.

9.3 Verwendete Erlasse, Abkürzungen und Symbole

Erlasse

SR 0.814.011	Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen vom 11. Dezember 1997
SR 210	Schweizerisches Zivilgesetzbuch vom 10. Dezember 1907 (ZGB)
SR 814.01	Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 7. Oktober 1983 (USG)
SR 814.12	Verordnung über Belastungen des Bodens vom 1. Juli 1998 (VBBo)
SR 814.20	Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer vom 24. Januar 1991 (GschG)
SR 814.201	Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV)
SR 814.911	Verordnung über den Umgang mit Organismen in der Umwelt vom 10. September 2008 (FrSV)
SR 921.0	Bundesgesetz über den Wald vom 4. Oktober 1991 (WaG) und sein Vorgänger, das Bundesgesetz betreffend die eidgenössische Oberaufsicht über die Forstpolizei vom 11. Oktober 1902 (FPolG)
SR 921.01	Verordnung über den Wald vom 30. November 1992 (WaV)
SR 921.552.1	Verordnung über forstliches Vermehrungsgut vom 29. November 1994

Abkürzungen

BAFU	Bundesamt für Umwelt
BDM	Biodiversitätsmonitoring Schweiz
BHD	Brusthöhendurchmesser
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (heute Bundesamt für Umwelt BAFU)
EAFV	Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen (heute Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL)
ENFIN	European National Forest Inventory Network
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (auf Deutsch: Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen)
FAWS	Forest Available for Wood Supply (in der Schweiz: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald)
FRA	Global Forest Resources Assessment
FSC	Forest Stewardship Council
GIS	Geografisches Informationssystem
GNSS	Globale Navigationssatellitensysteme
GWL	Gesamtwuchsleistung
HNP	Holznutzungspotenzial
LFI	Landesforstinventar
LIS	Line Intersect Sampling
MCPFE	Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe (auf Deutsch: Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa; heute Forest Europe)
NaiS	Wegleitung Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald (Frehner *et al.* 2005)
OWL	Other Wooded Land (in der Schweiz: Gebüschwald)
PEFC	Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes
PNV	Potenzielle natürliche Vegetation
SDI	Stand Density Index (Bestandesdichteindex)
SoEF	State of Europe's Forests
Swisstopo	Bundesamt für Landestopografie
THGI	Treibhausgasinventar
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe (auf Deutsch: Wirtschaftsorganisation für Europa der Vereinten Nationen)
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change (auf Deutsch: Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen)
WBL	Waldbegrenzungslinie
WEP	Waldentwicklungsplan
WSL	Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft

Kantone der Schweiz

AG	Aargau
AI	Appenzell Innerrhoden
AR	Appenzell Ausserrhoden
BE	Bern
BL	Basel-Landschaft
BS	Basel-Stadt
FR	Freiburg
GE	Genf
GL	Glarus
GR	Graubünden
JU	Jura
LU	Luzern
NE	Neuenburg
NW	Nidwalden
OW	Obwalden
SG	St. Gallen
SH	Schaffhausen
SO	Solothurn
SZ	Schwyz
TG	Thurgau
TI	Tessin
UR	Uri
VD	Waadt
VS	Wallis
ZG	Zug
ZH	Zürich

Einheiten und Symbole

ha	Hektare (100 m × 100 m = 10000 m^2 = 0,01 km^2)
m^3/ha/Jahr	Kubikmeter pro Hektare und pro Jahr
<	kleiner als
>	grösser als
≤	kleiner oder gleich
≥	grösser oder gleich

9.4 Stichwortverzeichnis

Fett gedruckte Seitenzahlen weisen auf zentrale Aussagen hin, *kursiv gedruckte* auf Stichworte, die im Kapitel 9.2, «Glossar», erläutert sind. «f.»: und folgende Seite; «ff.»: und folgende Seiten.

A

Abbildung **30,** 32
Abgänge *322*
Abgänge, natürliche 42, 175, *322*
Abies alba Mill. siehe Tanne
Acer L. siehe Ahorn
Achslast 62, 164, 261, 295, *322*
Ahorn – *Acer* L. 44, 46f., **70, 76, 78ff., 82ff., 88ff.,** 95, 107, 109f., 112f., 117, 129ff., 137, 174, 177, 179, 200, 221f., 258f., *322*
Ailanthus altissima Mill. siehe Götterbaum
Alpen 13, 20f., **30ff.**
Alpenerle – *Alnus viridis* (Chaix) DC. 21, 37, 86, 95
Alpensüdseite 13, 20f., **30ff.**
Altbestand (Altholz) 44, 112, **198f.,** *322*
Alter, dominantes ($Alter_{dom}$) 199, *322*
Altersaufbau **94, 110ff.,** 199ff., 245, 282, 284, 289f., 295, 307, 310
Altersklasse 112ff., 307, *322*
Ameisenhaufen 196f., 235, 237
Ansprache *322*
Arbeitsmittel (der Holzhauerei) 164
Arealstatistik 32, 39, 41, *322*
Art, eingeführte (siehe auch Baumart, eingeführte) 195, 212ff., *322*
Art, eingeführte, invasive 215f., *322*
Art, gebietsfremde 213, *322*
Art, gefährdete 190, 198, 217f., 232f., 283, 297, *322*
Art, invasive siehe Art, eingeführte, invasive
Artenvielfalt 189ff., 202, 217, 219, 225, 227, 297
Artenzahl **191ff.,** 198, 308
Arve – *Pinus cembra* L. 47, 59ff., **76, 78ff., 82ff., 88ff.,** 107ff., 113, 117, 128, 130, 137, 174, 177, 179, 199f., 220, 222, 258
Assoziation siehe Pflanzengesellschaft
Astderbholz 71, 116ff., 184f., *322*
Asthaufen 202
Astholz 70, 116ff., 172, *322*
Astreisig 71, 116ff., *322*
Aufforstung 21, 42, 207, 210f., 214, 310, *322*
Aufnahmeanleitung LFI 24, *322*
Aufnahmejahr (Jahr der Datenerhebung) 23, 25
Auslesedurchforstung *322*
Aussageeinheit 13, **29ff.,** *322*
Auswertung (Datenauswertung) 19f., **26f.**
Auswertungseinheit 20, 30, **32f.,** *322*
Auswertungssoftware **26f.**
Azidität (Bodenazidität) 56, 61, *322*

B

Basalfläche 43ff., 52, 97, 104f., 138, 224, 227f., 235, 237, 245, 251ff., 258f., 293, 301, *322*
Basisnetz 18f., 23, 71
Baum *322*
Bäume ab Alter 200 200
Bäume, abgestorbene 139, 172, 175
Bäume, lebende 35, **70f., 80ff., 116ff.,** 127, 133, 234, 290, 292
Bäume, tote 70f., 80, **116ff.,** 121f., 127, **132ff.,** 138, **219ff.,** 258, 284, 288, 291f.
Baumalter 16, 110f., 199, 201, 244, *322*
Baumart (siehe auch Hauptbaumart) 21, 35, 43f., 46f., 70, 72, **84ff.,** 95, 101, 108, 112f., 116, 119, 121, 128ff., 133f., 136, 138, 173, 177, 189, 191, **193ff.,** 198, 200, 207, **212ff.,** 221, 232, 235, 237, 239, 246, 257, 259, 282f., 285f., 292, 297ff., 307f., 311, *322*
Baumart, ausgewählte **194f.**
Baumart, eingeführte 189, **212ff.,** 232, 235, 237, 283, 286, 299, 308, 311, *322*
Baumart, einheimische 85, 212f., *322*
Baumart, invasive 212ff.
Baumart, vorherrschende 43f., 46f., 112f., 200, *323*
Baumartenanzahl (Anzahl Baumarten) 191
Baumartenmischung **43ff.,** 207, 227f., 253ff.
Baumartenvielfalt **191ff.,** 283, 288, 298, 307f.
Baumartenzusammensetzung 94, 100, 112, 129, 191, 226f., 257, 259, 283, 298
Baumhöhe 70, 96, 182
Baumholz (Entwicklungsstufe) 46, 98f., 103ff., 245, *323*
Baumkomponenten (Baumteile) 71, 116ff., 182
Baumkrone (Krone) 39, 43, 52, 104, 132, 134f., 185, 191, 196f., 204, 220, 248, 250, *323*
Baumschäden (Schäden an Bäumen) 121f., **127ff.,** 281f., 284, 291, 293, *328*
Baumschaft siehe Schaft
Baumteile siehe Baumkomponenten
Baumwipfel siehe Wipfel
Baumzustand 72ff., 81, 218, 222, 224
Bauten 123, 125f., 242
Bedarfsanalyse 15
Beeinflussung, menschliche (Einfluss, menschlicher) **123ff.,** 225ff., 271, 284, 291f., 299
Beeinträchtigung (Störung), anthropogene 123, 125, 271, 277
Beerensträucher 202
Belagstyp 65
Belastung, physikalische (des Waldbodens) 121ff.
Bergföhre – *Pinus mugo* Turra 86, 88, 95
Berichterstattung 15f., 23, 179, 280
Bestand (Waldbestand) 43ff., 94ff., 121ff., 140, 143ff., 154, 161, 175f., 189ff., 196, 207ff., 216, 218, 221f., 225ff., 232ff., 239, 241, 244ff., 271, 284ff., 288ff., 305ff., *323*
Bestand, massgebender 43, 94, 96, 101, 114, *323*
Bestandesalter 111ff., 198ff., 323
Bestandesdichte 106, **196ff.,** 234, 236, 239, 246, **249ff.,** 256, 285, 298, 301
Bestandesdichteindex (Stand Density Index SDI) 106, 198f., 234, 253, 285, 298, *323*
Bestandesentstehung **209f.**
Bestandeslücke 39, **196ff.,** 202, 207, 239, 246, **250ff.,** 287, 301
Bestandeslückentyp siehe Lückentyp
Bestandesmerkmal 22, 70, 101f., 114, 248
Bestandesschicht (Schicht) 94, 101, 107, 241, *323*
Bestandesstabilität (Stabilität) 26, 122, **143ff., 253ff.,** 282, 285, 293, 300ff., *323*
Bestandesstruktur (Struktur) **94,** 101f., **106f.,** 124, 189f., 196, 199, 201ff., 205f., 225f., 230f., 234, 236, 246, 253f., 282f., 286, 299, *323*
Bestockung 21f., 37, 52, 95ff., 193, 198, 204f., 208ff., 228, 230, 248, *323*
Bestockung, dauernd aufgelöste **95ff.,** *323*
Betrieb siehe Bewirtschaftungseinheit
Betriebsart *323*
Betriebsgrösse (Grösse der Bewirtschaftungseinheit) 268ff.
Betriebsplan 147, 149ff., 296, 307, *323*
Bevölkerung 46, 50, 125, 265f., 271f., 287f., 296, 303ff., 309ff.
Bewaldungsprozent (siehe auch Waldflächenanteil [Syn.]) 39, 284, 290, *323*
Beweidung (Waldweide) 24, 122f., **125f.,** 196, 284, 292, *332*
Beweidungsintensität 126
Bewirtschaftung, nachhaltige siehe Waldbewirtschaftung, nachhaltige
Bewirtschaftungseinheit (Betrieb) 117, 150ff., 168, **265ff.,** 283, 287, 303f.
Bewirtschaftungsintensität **158f.,** 259
Bewirtschaftungsplan siehe Planungswerk, forstliches
Biodiversität (biologische Vielfalt) 15f., 133, **189ff.,** 280, 283, 288, 291, **296ff.,** 305, **307,** *323*
Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM) 190, 280
Biomasse 20, **116ff.,** 244, 282, 306, 310, *323*
Biotop 232, *323*
Biotopwert (des Waldbestandes) 189, **225, 228ff.,** 235, 237, 281, 283, 286, 299, *323*
Biozönose *323*
Bodenazidität siehe Azidität
Bodennutzung 32, 39
Bodenschäden 121, **124,** 284, 292
Bodenvegetation 104, 125

Bodenzustand **123ff.,** 282, 291
Bonität 61, *323*
Borkenkäfer 77, 139, 159, 255, 259f.
Böschung **95ff.**
Brusthöhendurchmesser (BHD) 23, 70, *323*
Brusthöhendurchmesser, dominanter (BHD_{dom}) *323*
Bruttozuwachs siehe Zuwachs
Buche – *Fagus sylvatica* L. 35, 44, 47, 53, 59ff., **70, 72, 76, 78ff., 82ff., 88ff.,** 107, 109f., 112f., 117, 130, 137, 173f., 177, 179, 191, 198, 200, 202, 208, 218, 220ff., 228, 258f.
Bund (Eigentumskategorie) 265, 267, 269
Bürgergemeinde 267, 269, 309

C
Castanea sativa Mill. siehe Kastanie
CO_2-Senkenleistung 35, 50, 119, 284, 290

D
Daten, LFI- 16, 24, **26f.**
Datenbank 24, **26f.**
Datenerhebung 13ff., 17ff., 23f.
Datenkatalog 15f.
Datenorganisation **26f.**
Datenqualität 24
Datenzugang 27
Datennutzung 26f.
Dauerwald 101, 160ff., 245, 260f.
Dauerwalddurchforstung 160ff., 260f., *323*
Deckungsgrad (der Baumkronen) 21f., 39, 43, 52, 96, 102f., 107, 138f., 191, 202, 204, 207, 239, 246, 248, 250, 298, *323*
Deponie 125f., 284, 292
Derbholz 71, 116ff., **182ff.,** 282, *323*
Derbholznutzung **182ff.,** 282, *323*
Dickung siehe Jungwuchs/Dickung
Dienstleistungen (des LFI) **27**
Dimensionierung (Waldstrassen) 62ff., 66
Dominanz, siehe auch Baumart, vorherrschende **43ff., 85ff.,** 90, 95, 112, 198, **216**
Douglasie – *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco 86, 213ff., 237, 299
Dringlichkeit des nächsten Eingriffs siehe Eingriffsdringlichkeit
Durchforstung 100, 140, 159ff., 208, 245, 260f., *323*
Durchmesser in 7 m Höhe (d7) 70, *324*
Durchmesser, dominanter siehe Brusthöhendurchmesser, dominanter
Durchmesserklassen **107ff.,** 184
Durchmesserklassen, Jungwald- 82ff.
Durchmesserverteilung (Stammzahlverteilung auf Durchmesserklassen) **108f.,** 282, 289
Dürrständer 202, **217ff.**, 222f., *324*

E
Eibe – *Taxus baccata* L. 86, 88, 191, 194
Eiche – *Quercus* L. 20f., 47, **76, 78ff., 82ff., 87ff., 93,** 107ff., 112f., 117, 121, 127, 129f., 137, 174, 177, 179f., 193ff., 200, 207f., 214f., 222, 237, 258, 292f., 299, *324*
Eigentum 24, 74f., 78, 94, 172f., 176, 178, 181, 184f., **265ff.,** 283
Eigentumskategorie 172, 176, 267ff.
Einfluss, menschlicher siehe Beeinflussung, menschliche
Eingriff, Bedingung für den nächsten 160ff.
Eingriff, letzter 154ff., 258
Eingriff, nächster 69, **159ff.,** 261f.
Eingriff, waldbaulicher 50, 69, 99, 140, **154ff., 258ff.,** 285ff., 294, 296, 298, 302, 308, *324*
Eingriff, Zeitpunkt des letzten **154ff.,** 258
Eingriffsart (Art des Eingriffs) 159ff., *324*
Eingriffsdringlichkeit (Dringlichkeit des nächsten Eingriffs) 69, 106, 159, 162f., 260ff., *324*
Eingriffsfläche 154, 164, 246
Eingriffsjahr (Jahr des Eingriffs) **159f.**
Einwuchs 172, *324*
Einzugsgebiet (von Trinkwasserquellen) 241ff.
Entwässerung 125f.
Entwicklungsstufe 44, 46, 94, 98f., **101ff.,** 111, 143, 202, 245, *324*
Erhebungsmethode **17ff.,** 83, 119, 185, 218, 305
Erholung (Freizeit im Wald) 24, 35, 46, **49ff.,** 96, 122ff., 134, 139, 161ff., 220, 225, 235, 237, 265f., **271ff.,** 283f., 287f., 291f., 303f., 309, 311
Erholungsaktivitäten 122, **273ff.**
Erholungsarten, Anzahl 271, 274, 276f.
Erholungseinrichtungen 271, 275, 277
Erholungsfunktion **46ff.,** 161, 272, *324*
Erholungsnutzung 24, 125, 235, 237, 266, **271ff.,** 304
Erholungsnutzung, Art der 273ff.
Erholungsnutzung, Intensität der 266, 273ff.
Erholungsnutzung, Saisonalität der 273ff.
Erosion 83, 96, 127f., 135, 246, 248, 250, *324*
Erschliessung (Walderschliessung) 26, 35, **53, 62ff.,** 164, 169, **259ff.,** 272, 282, 285, 295, 300, 302, 304, *331*
Erschliessungsdichte (Waldstrassendichte) 64, **66f.,** 285, 288, 294f., *324*
Erschliessungsgrad **68f.,** 261ff., 295, 300
Erschliessungskonzept 62, **64ff.,** 261
Ertragstafel 61, *324*
Esche – *Fraxinus* L. 47, 76, **78ff., 82ff., 88ff.,** 107, 109f., 113, 117, 127ff., 136f., 139, 174, 177, 179, 191, 194, 200, 222, 258f., *324*
Eschentriebsterben 92, 127f., 136, 191, 194
Europa 16, 75, 119, 127, 191f., 199, 202, 207, 210, 212, 216ff., 225, 280f., **305ff.**
Exot siehe Baumart, eingeführte
Exposition 56f., 61, 94

F
Fagus sylvatica L. siehe Buche
Fahrspuren 123f., 284, 292
Fassungsbereich (von Grundwasser) 48, 242f.
Fegen 127f.
Fegeschaden 128, *324*
Fehler, Modell- 29
Fehler, statistischer siehe Stichprobenfehler
Fehler, systematischer 29
Feldaufnahmen siehe Inventur, terrestrische
Feuer (Schadenursache) 133ff., 307
Fichte (Rottanne) – *Picea abies* (L.) Karst 35, 44, 46f., 53, 59ff., **70, 72, 76, 78ff., 82ff., 88ff.,** 95, 107ff., 116f., 130f., 133, 136f., 173f., 177, 179f., 189, 191, 199f., 202, 208, 214, 218, 220, 222f., 225, 227f., 258f., 293, *324*
Fläche, bestockte 21, 37, 39, 46, 83
Fläche, unproduktive 32, 42
Fläche, waldfähige 39, 41
Flächenschäden 24, 121, **138f.,** 143f., *324*
Flugjahr 23, 25
Föhre – *Pinus* L. 21, 37, 47, 59ff., **76, 78ff., 82ff., 88ff.,** 95, 107ff., 112f., 117, 130, 136f., 174, 177, 179f., 193f., 200, 207, 214f., 220, 222, 258f., 293, *324*
Forstbetrieb siehe Bewirtschaftungseinheit
Forstkreis 31, 220
Forstspezialschlepper 164f.
Forststatistik 180, 185, 266, 280, *324*
Forwarder 164ff.
Fraxinus L. siehe Esche
Freizeit(aktivitäten) siehe Erholung und Erholungsaktivitäten
Frischholz (Totholzqualität) 224
Funktion, allometrische 116

G
Gebirgswald 31, 56, 106f., 111f., 160ff., 208, 217, 248, 250, 260f., 292, *324*
Gebirgswalddurchforstung 160ff., 208, 260f., *324*
Gebüschwald 15, 18ff., 32f., **37f.,** 41f., **94ff.,** 210, 233, 284, 306, 310, *324*
Gehölz 15f., 22ff., **52, 85ff.,** 95, 97ff., 191ff., 204, 213, 225, 230ff., 285, 298, 308, *324*
Gehölzarten, siehe auch Baumart und Hauptbaumart 85ff., 95, 97, 191ff., 207, 213f., 232ff., 285, 298, *324*
Gehölzartenvielfalt (Waldbestand) **193f.,** 225, 230f., 233, 298, *324*
Gehölzartenvielfalt (Waldrand) 191, **194f.,** 225, 231, *324*

Gehölzartenzahl (Anzahl Gehölzarten) 191ff., 234, 308
Gehölze ausserhalb des Waldareals 15f., 22ff., **52,** 95, 97ff., 204, 286, 298, 308
Geländeneigung 55f., 94, 248f., 261
Gemeinde, politische (Eigentumskategorie) 265, 267, 269
Geografisches Informationssystem (GIS) 27, *324*
Gerinneprozesse 246, 248f.
Gesamtbasalfläche 258, *324*
Gesamtfläche 18, 32, 37, 39, 41, 43, 52
Gesamtholzvolumen **70ff.,** 116, 221f., 306, *324*
Gesamtstammzahl 70, 80f., 127, 132, 134ff., 201, 234, *324*
Gesamtvorrat *324*
Gesamtwald 33, 94, 210, *324*
Gesamtwuchsleistung (GWL) 61f., *325*
Gesellschaft (Eigentumskategorie) 267, 269
Gesundheit **121ff.,** 282f., 288, 291, 305, **307**
Gewässer 32, 41, 242, 246
Giganten 196, **198,** 201f., 232, 234, 236, 286, 299, *325*
Gipfeldürre 127f., 132ff.
Gipfeltrieb 83, 127ff., 257, 284, 291, *325*
Gipfeltriebverbiss siehe Verbiss
Götterbaum – *Ailanthus altissim*a Mill. 214f.
Grundfläche siehe Basalfläche
Grundgesamtheit 17, 21
Grundwasser 47f., **241ff.,** 287f., 300f., 309, 311
Grundwasserschutzzone 47f., 239, 241ff., 287f., 300f., 309, 311, *325*
Grünerle siehe Alpenerle

H
Hangmure 248f.
Hangneigung siehe Geländeneigung
Hartholz (Totholzqualität) 223f.
Hauptbaumart 44, **76, 78ff., 82ff., 88ff.,** 107ff., 117, 127f., 130, 137, 174, 177, 179, 221f., 258, *325*
Hauptbaumarten, Rangfolge der 89
Hauptbestand *325*
Hecke 52
Hektarvorrat 75ff., *325*
Helikopter 164ff., 259, 261
Hiebsatz *325*
Hochlagen **31,** 44, 46, 56f., 59, 64, 73, 79, 83, 94, 114f., 132, 138, 144f., 191, 194, 197ff., 222, 226, 298, *325*
Hochwald 94ff., **101ff.,** 129, 208, *325*
Hochwald, gleichförmiger 46, 94ff., **102ff.,** 114, *325*
Hochwald, plenterartiger 94ff., **101f.,** 107, 129, 208, *325*
Hochwald, ungleichförmiger 94ff., **101f.,** *325*
Höhenklassen, Jungwald- 22, 82ff., 128, 130f., 257
Höhenlage 23, 39f., 44, **53ff.,** 61, 95, 102, 104, 107f., 112, 172, 174, 176ff., 204, 233, 248f., 270
Höhenstufe siehe Vegetationshöhenstufe
Holzernte 24, 55, 68f., 83, 109, 122ff., 127f., 134f., 147, **164ff.,** 186f., 217, 259, 261f., 282, 284, 291f., 296, *325*
Holzernteaufwand, potenzieller 147, 164, **169ff.,** *325*
Holzernteschäden 127f., 135, 284, 291, 293
Holzernteverfahren 35, 68f., 164, **166ff.,** 262, 296, *325*
Holzfestigkeit 224
Holzhauerei **164,** 166ff., *325*
Holzmasse *325*
Holznutzung siehe Nutzung
Holzproduktion 16, 35, 37, 49ff., 94, 97, 114, **147ff.,** 161ff., 214, 220, 280, 282, 288, 290, **294ff.,** 306f., 310
Holzproduktionsfunktion 46ff.
Holzsortiment siehe Sortiment
Holzvorrat siehe Vorrat
Horizontaldistanz Probefläche–Strasse **67,** 165

I
Indikator 15, 21, 75, 90, 129, **190ff.,** 195, 197, 202ff., 216, 228ff., 233ff., 244, **248ff., 279ff., 288ff.,** 305ff., *325*
Informationssystem, geografisches (GIS) siehe geografisches Informationssystem
Infrastruktur 96, 246, 277, 283, 309, 311
Insekten 132ff., 138f., 140ff., 190, 195f., 202, 217, 232, 307
Insektenschäden 142
Internet 23, 27, 30f.
Interpretation (der Ergebnisse) 16, 24, **27ff.,** 133, 208, 250, 281, 284f., 305
Interpretationsfläche 22, 24, 94, 114, 125, 138f., 191, 250, 256, 277, 298, *325*
Inventur (Waldinventur) 13, 190, 201, 305, *332*
Inventur, terrestrische (Feldaufnahmen) 13ff., **22ff.,** 26, 95, 138, 154, 159
Inventurmethode 13, 15, **17ff.,** 26f., 29, 31, 83, 119, 129, 143, 185, 218, 257
Inventurperiode 41f., 110, 158, 172, 175, 198, 290

J
Jungbestände 112, 284, 289f., 307, 310
Jungwald 21ff., 44, 70, **82ff.,** 89ff., 121, **127ff.,** 136, 159ff., 195, 207f., 257, 260f., 307, *325*
Jungwaldklassen 22, **82ff.,** 128ff., 195, 257
Jungwaldpflanze **82ff.,** 89ff., **127ff.,** 136, 257, *325*
Jungwaldpflanze, geschädigte 127ff.
Jungwaldpflanze, verbissene 127ff., 257, 284, 291f.
Jungwaldpflege 159ff., 260f.
Jungwaldstammzahl 70, **82ff.,** 89, 91ff., 130, *325*
Jungwuchs/Dickung (Entwicklungsstufe) 44, 46, 94, 98f., 103ff., 129, 207ff., 286, 298, *325*
Jura 13, **30ff.**

K
Kanton 15, 29, 31, 37, 149f., 155, 160, 162, 185, 187, 211, 220, 232, 239, 242f., 246f., 265, 267ff., 272, 280, 296, 304
Karte 24f., **30ff.,** 38, 45, 51, 55, 60, 62f., 156, 170, 204, 210, 242, 276
Kartenerhebung 24
Kastanie – *Castanea sativa* Mill. 47, **76, 78ff., 82ff., 88ff., 93,** 97, 101, 107, 109f., 112f., 117, 129f., 134, 136ff., 173f., 177, 179, 193f., 200, 202, 221f., 258, 293, *325*
Kernwuchs 94, 100f., *325*
Klebast (Wasserreis) *325*
Kluppierung *325*
Kluppschwelle 82, 172, 193, 218, 223, 256, *325*
Kohlenstoffvorrat **116ff.,** 218, 282, 284, 288ff., 305f., 310, *325*
Kontrollaufnahme 24, *325*
Korporation 265, 267, 269, 309
Kostendeckung 160ff.
Krankheit 83, **127ff., 133ff.,** 140, 143, 200, 232, 242, 307
Krautsaum 205f., 231, 286, 299, *326*
Krautsaumbreite 206
Kriterien (von Forest Europe) 15, **280ff.,** *326*
Krone siehe Baumkrone
Kurzholz 182ff., *326*
Kyoto-Protokoll 16, 119, *326*

L
Landesfläche 18, 20f., 32, 35, 37, 39, 290
Landesforstinventar **11ff.,** 279ff.
Landschaftsschutz 46ff., 233, 286, 299
Langholz 182ff., *326*
Langstreckenseilkran siehe Seilkran, konventioneller
Lärche – *Larix* Mill. 44, 46f., 59ff., **70, 76, 78ff., 82ff., 88ff.,** 95, 107ff., 117, 128, 130, 137, 173f., 177, 179f., 199f., 220, 222, 258, *326*
Lastwagenstrasse (siehe auch Waldstrasse) 53, 62, 164f., 261, 285, 295, *326*
Lastwagentyp 62
Laubbaum 43ff., 47, 52, 77, 80, 82, 85, 89ff., 112ff., 173f., 176, 200, 212, 244

Laubholz 47, 72ff., 107ff., 113, 116ff., 129f., 137, 174, 176f., 179, 182, 184f., 200, 222, 241, 244f., 258, 301, *326*
Laubwald 37, 43f., 46, 53, 59ff., 100, 202, 220f., 225, 227ff., 235, 244, 254, 258f., 286, 299
Laubwälder, naturnahe 235, 237
Laubwaldareal (-gebiet) 59ff., 221, 225, 227, 229, 235, 286, 299
Lawine 19, 35, 42, 95ff., 139, 246, 248ff., 263
Lebensraum 15, 35, 46, 50, 107, 190, 193, 196, 198, 201ff., 207, 217, 227, 232f., 280, 299
Legföhre – *Pinus mugo prostrata* Turra 21, 37, 86, 88, 95
Lichtung (Lichtungshieb) 99, 159ff., 208, 245, 260f., *326*
Line Intersect Sampling (LIS) 218, *326*
LIS-Totholz siehe Totholz, LIS-
Lücke siehe Bestandeslücke
Lückengrösse 239, 246, 250ff.
Lückentyp 198, 251
Luftbild 13ff., 20ff., 26, 32, 37, 39, 43, 52, 94, 204, 250ff., 301
Luftbildinterpretation 13ff., 20, **22ff.,** 26, 39, 251
Luftbildnetz 18

M
Maschinenweg 65f., 121, 123f., 261, 284, *326*
Mechanisierungsgrad 166f.
Merkmal 14, 17, 20, 22, 24, 27, 29ff., 33, 94, 101f., 106f., 114, 127f., 134, 143, 169, 191, 205f., 230, 248, 257, 272, 281, 295f.
Methode 13, 15, **17ff.,** 26f., 70, 129, 143, 184, 218, 228, 253
Militär 49ff., 126, 139, 163
Mindestbreite (Waldbreite, für Walddefinition) 21, *326*
Mischbestand 72, 191ff., 255, 307, *326*
Mischungsgrad (Luftbild) 16, 23, 32, 43, 52, *326*
Mischungsgrad (terrestrischer) **43ff.,** 52, 253ff., *326*
Mitteldurchmesser 106, 198
Mittelland 13, **30ff.**
Mittellangholz 182f., *326*
Mittelschicht *326*
Mittelwald 88, 95, **97ff.,** 160ff., 202, *326*
Mittelwert 30, 45, 102, 156, 170, 219
Mobilseilkran 164ff., 169
Modell 24, 29, 59, 113f., 143, 169, 202, 206, 227f., 230f., 247, 254, 290, *326*
Moderholz (Totholzqualität) 224
Morschholz (Totholzqualität) 224
Mortalität 33, 85ff., 97, 100ff., 129, 136, 141, 147, **172, 175ff.,** 182, 221, 267, 270, 282, 285, 295, *326*
Mortalität, verbleibende 175, *326*
Motorsäge 164
Mulmholz (Totholzqualität) 223f.
Murgang 35, 136, 246, 248, 250

N
Nachhaltigkeit (forstliche) 21, 59, 113, 149, 172, 179, 246, **279ff., 288ff.,** 305ff., *326*
Nachwuchs 326
Nadelbaum 43ff., 47, 52, 70, 77, 80, 82, 84f., 92, 110, 114, 130, 173, 176, 200, 212ff., 244f.
Nadelholz 44f., 47, 72ff., 107ff., 113, 116ff., 130, 137, 174, 176f., 179, 182, 184f., 200, 222, 225, 227ff., 245, 258, 286ff., 299ff., *326*
Nadelholzanteil **44f.,** 79f., 225, **227ff.,** 245, 299
Nadelholzanteil, naturnaher 228, 286, 299
Nadeln/Blätter 71, 116ff.
Nadelwald 37, 43f., 46, 59ff., 197, 202, 220f., 228f., 235, 237, 244, 254f.
Nadelwälder, naturnahe 235, 237
Nadelwaldareal (-gebiet) 59ff., 228f., 235
Nationalinventur 23, 305
Naturgefahren 31, 35, 37, 46, **48ff.,** 55, 138, **161ff.,** 187, 217, 220, 239, **246ff.,** 272, 280, 283, 288, 300f., 305, 309, *327*
Naturnähe (u.a. des Nadelholzanteils) 92, 193, 208, **225ff.,** 235, 237, 283, 286, 299, 307, *327*
Naturschutz 49ff., 100, 149, 162f., 190, 205, 217, 220, 228, 233, 286, 292, 299
Naturschutzgebiet 50, 149, *327*
Naturschutzwald **232ff.,** 308f., 311
Naturverjüngung 102, **207ff.,** 226, 235, 237, 256, 286, 298, 308, 311, *327*
Naturwald 48, 50, 202, 219, 223, **225ff.,** 232ff., 308, 311, *327*
Nebenbestand *327*
Nebennutzung *327*
Neigung siehe Geländeneigung
Neophyt 212ff., *327*
Neophyt, invasiver 212, 215
Neophyt, strauchförmiger 215
Nettozuwachs 172f., 175, 179ff., 306f., 311, *327*
Netz siehe Stichprobennetz
Nichtholzprodukte 282, 294, *327*
Nichtwald (Nichtwaldfläche) 18, 20ff., 24, 32, 37, 39, 42f., 52, 204, 207, 242f., *327*
Niederwald 95, **97ff.,** 138, *327*
Nutzung (Holznutzung) 14, 16, 24, 26, 33, 42, 49ff., 76f., 85ff., 96ff., 125, 138, 140ff., 147, 163, **171f., 175ff., 184ff.,** 198, 221, 236, 260f., 270, 282, 285, 288, 294f., 306f., 311, *327*
Nutzung (Waldnutzung) 24, 32, 39ff., **46ff.,** 53f., 76ff., 97ff., 125, 139, 158ff., 178, 193, 198f., 201, 206, 209, 220ff., 226ff., 230, 232ff., 241ff., 246ff., 267f., 270ff., 305ff., *327*
Nutzung, forstliche (siehe auch Holznutzung) *327*
Nutzung, landwirtschaftliche 49ff., 53, 59, 97, 163, 241, 243, 290

O
Oberhöhe (h_{dom}) 21, *327*
Oberschicht 100f., 191, 196, 257, 285, 298, 307, *327*
Öffentlich siehe Wald, öffentlicher
Ökosystem 122f., 127, 189, 217, 225, 282f., 291, *327*
Ökoton 203, 228, 231, *327*
Ökotonwert des Waldrandes **228,** 231, *327*

P
Pflanze, (Jungwald-) siehe Jungwaldpflanze
Pflanzengesellschaft (Assoziation) 213, *327*
Pflanzung 160ff., 191, 208ff., 286, 298, 308, 311, *327*
Pflege (Waldpflege) 106, 203, 236f., 245f., *327*
Picea abies (L.) Karst siehe Fichte
Pilze 83, 128f., 132, 134f., 140, 190, 199, 202, 217, 224, 274f., 299
Pinus cembra L. siehe Arve
Pinus L. siehe Föhre
Pinus nigra J.F. Arnold siehe Schwarzföhre
Pinus strobus L. siehe Strobe
Pionierbaumart 136, 193, 207, 213, *327*
Plantage 95, **97ff.,** 103, 207, 286, 299, 308, 311, *327*
Planung siehe Waldplanung
Planung, betriebliche siehe Waldplanung, lokale
Planung, kantonale siehe Waldplanung, kantonale
Planung, lokale siehe Waldplanung, lokale
Planungswerk, forstliches (siehe auch Waldplanung) 13, 147, **149ff.,** 282, 294, 296, 307, 311
Plausibilitätsprüfung 24
Plenterung (Plenterhieb) 160ff., 260f., *327*
Plenterwald 101, *327*
Privatwald 13, 20f., 73ff., 77ff., 147, 150, 169., 172f., 176, 178, 180f., 184ff., 265, **267ff.,** 287, 290, 303ff., 309, 311, *327*
Probebaum 22, 110, 121, 133f., 138, 145, 199, 201, 218, *328*
Probefläche 13ff., 30, 32f., *328*
Probefläche, permanente 13, *328*
Probeflächen, gemeinsame (zweier Inventuren) 33
Produktionsfunktion siehe Holzproduktion und Waldfunktion
Produktionsregion 13, 18, **30ff.,** *328*
Prozessor 166ff.
Pseudotsuga menziesii [Mirb.] Franco siehe Douglasie

Q
Qualität (der Waldränder) 204, 228, 231
Qualität (des Waldes als Lebensraum) 189ff., 196ff., 217ff., 225ff.
Qualität (des Waldes zum Schutz gegen Naturgefahren) 248ff.
Qualität, Daten- siehe Datenqualität
Qualität, Totholz- siehe Totholzqualität
Qualität, Trinkwasser- siehe Trinkwasserqualität
Quercus siehe Eiche
Quercus rubra L. siehe Roteiche

R
Rasterpunkt 22
Räumung 99, 104, 140, 159ff., 245, 260f., *328*
Region 13, 20, 30f.
Reinbestand 191ff., 208, 255, 307, 311, *328*
Reinbestand, Laubholz- *328*
Reinbestand, Nadelholz- *328*
Reisig 70f., 116, 118, *328*
Reisten 165, *328*
Relief 56, 59, 61, 169
Repräsentativität 19
Reproduzierbarkeit 27
Reservatstyp siehe Waldreservatstyp
Ressourcen siehe Waldressourcen
Rinde 70f., 116, 121, 127, 132ff., 172, 182ff., 221f., 290
Rindenverletzung 121, 127, 133
Robinie – *Robinia pseudoacacia* L. 87f., 212ff., 299
Rodung 42, 211, *328*
Rohdaten 26f.
Roteiche – *Quercus rubra* L. 87, 212, 214f., 237, 299
Rotte 101, *328*
Rottenstruktur 101, 106ff., *328*
Rückeaufwand 169
Rückedistanz **164ff.,** *328*
Rückegasse 64ff., 121, 123f., 261, 284, 292, *328*
Rückemittel **164ff.,** 169, 171
Rücken 164ff., *328*
Rundholz **182ff.,** 282, 294, *328*
Rutschung 35, 83, 127f., 135, 198, 248f.

S
Sanasilva-Inventur 221
Sanitärhieb 154, 159ff., 245, 260f., *328*
Schäden (an Bäumen) siehe Baumschäden
Schäden (an Beständen) siehe Waldschäden
Schäden (am Jungwald/an Jungwaldpflanzen) 121f., 127ff., 257, 282, 284, 292, *328*
Schäden, Boden- siehe Bodenschäden
Schäden, Flächen- siehe Flächenschäden
Schadenart 128f.
Schadenbild 128, 132ff.
Schadenfläche 21, 98f., 102ff., 111f., 139, 203, 208
Schadensituation 132
Schadenursache 134f., 139
Schädigungsgrad (der Bäume) 134, 136f., 284, 293, *328*
Schädigungsgrad (des Bestandes) **138,** 144f., 202, 285, 293, *328*
Schaft (Baumschaft) 116, 172, 182, 184, *328*
Schaftbruch 132ff., 219
Schaftderbholz 71, 116, 182ff., *328*
Schaftderbholznutzung 182ff.
Schaftderbholzvolumen 182f.
Schaftholz 70f., 116, 118, 172, 185, 290, *328*
Schaftholzbiomasse 117f.
Schaftholzvolumen 70, 118, 175, 218
Schaftreisig 70f., 116, *328*
Schalenwild (Wildhuftiere) 83, 127, 129, 246, 257, 288, 291f., 307, *328*
Schälschäden 128, 134, *328*
Schätzfehler (Standardfehler der Schätzung) 20f., 28ff., *329*
Schätzung 17f., 20, 28
Schätzverfahren 14, 18, **20f.,** 29
Schätzwert 27ff.
Schicht siehe Bestandesschicht
Schlagfläche 98ff., 102ff., 197f.
Schlepper 166ff.
Schneegleiten 127f.
Schlussgrad **104ff., 196ff.,** 202, 253ff., *328*
Schneise 95ff., 198, *328*
Schrägdistanz Probefläche–Strasse 68f., 261f., 287, 295, 302
Schutz vor Naturgefahren 31, 35, 37, 48ff., 55, 162f., 187, 217, 220, **246ff.,** 272, 280, 283, 300, 309, 311
Schutzfunktion 31, **46ff.,** 220, **232ff.,** 239, **241ff., 246ff.,** 283, 286, 300ff., 308f., 311, *328*
Schutzgebiet 47ff., 308
Schutzwald 15f., 30f., 47ff., 106, 114f., 208, 211, **239, 241ff., 246ff.,** 283, **286ff., 299ff.,** 304, 308f., 311, *328*
Schutzwald LFI4 (Schutzwald gegen Naturgefahren) 31, 46ff., 106, 163, 239, **246ff.,** 283, 287f., 301f., 309, 311, *329*
Schutzwaldfläche LFI4 239, 246, 248ff.
Schutzwaldperimeter (SilvaProtect-CH) 47f., 246f., 272, 287, 301, 309, 311
Schutzwaldregion **30f.,** 247ff., *329*
Schutzwirkung (gegen Naturgefahren) 14, 239, 246, **248ff.,** 256, 287, 300ff., 307, 311, *329*
Schwachholz 96, 182f., 186, *329*
Schwarzföhre – *Pinus nigra* J.F. Arnold 86, 214f.
Seilkran, konventioneller (Langstreckenseilkran) 164ff., 171, 261
Seillinie 65f., 261
Selve 95, **97ff.,** 200, 202, *329*
Senior **198,** 200f., *329*
Signifikanz 28
SilvaProtect-CH siehe Schutzwaldperimeter (SilvaProtect-CH)
Sortiment (Holzsortiment) 29, 109, 113f., 166f., **182ff.,** 282, *329*
Sozioökonomie **265ff.,** 283, **303, 309**
Spross siehe Trieb
Stabilität siehe Bestandesstabilität
Stabilitätsanforderungen 28, *329*
Stamm 116, 121f., 132ff., *329*
Stammanlauf 172, *329*
Stammzahl **70, 80ff.,** 96f., 100ff., 104ff., 127, 130ff., 134ff., 194, 198, 200ff., 214f., 224, 234, 257, 282, 292, 299, *329*
Stammzahlanteil 89f., 92f., 110, 132, 135, 214
Stammzahlveränderung 85ff.
Stand Density Index (SDI) siehe Bestandesdichteindex
Standardabweichung *329*
Standardfehler (der Schätzung; siehe auch Schätzfehler) 28f., *329*
Standort 14, 17, 24, 29, 50, **53ff.,** 70, 75, 83, 88, 110, 112ff., **125f.,** 136, 143, 158, 172, 196, 198, 207f., 213f., 228, 230, 237, 253ff., 259, 270, 282, 298, 301f., 305, *329*
Standortfaktoren 55, 143, 228, *329*
Standortgüte 24, 29, 53, **61f.,** 114, 158, 172, *329*
Standorttyp 59, 253f., 259, 302, *329*
Stangenholz (Entwicklungsstufe) 46, 94, 98f., 103ff., *329*
Starkholz 94, 108ff., **198,** 201ff., 286, 299, *329*
Starkholzbestand 201, 203, 286, 299, *329*
Steinschlag 35, 83, 127f., 134ff., 138, 143, 246, 248ff., 301
Stichprobe 13ff., 27ff., 32, 204, 232, 248, 305, *329*
Stichprobe, Luftbild- 20, 22
Stichprobe, systematische 18ff.
Stichprobenfehler 18, 20, 28, *329*
Stichprobeninventur **17f.,** 22, 27f.
Stichprobennetz (Netz) 13ff., **18ff.,** 22ff., 30, 37, 70ff., 232, 248, 273, 281
Stock (Stockholz) 70f., 110f., 116, 136, 172, 182ff., 202f., 220f., *329*
Stockausschlag 99f., 136, *329*
Störungen 83, 121ff., 140, 225, 254f., 259, 301
Strasse (siehe auch Waldstrasse und Lastwagenstrasse) 16, 21, 24
Strauch 21, 37, 70, 80, 85, 87, 94, 189, 191f., 195, 202f., 205f., 214f., 233, 290, *329*
Strauchart 189, 191f., 213ff., 233, *329*
Strauchart, eingeführte 189, 212ff.
Strauchgürtel 196, 205f., *329*
Strauchgürtelbreite 205f.

Strauchschicht 202f., 205, *329*
Strobe – *Pinus strobus* L. 86, 214f.
Struktur siehe Bestandesstruktur
Strukturvielfalt (Waldbestand) 189, **196, 202f.,** 225, 230f., 234, 236, 283, 286, *330*
Strukturvielfalt (Waldrand) 189, 196, 206, 225, 231, 283, 286, 299, *330*
Sturmschäden 77, 260

T
Tabelle (Ergebnistabelle) 27, 29, **30,** 32
Tanne – *Abies alba* Mill. 35, 44, 46f., 53, 59ff., **70, 72, 76, 78ff., 82ff., 88ff.,** 107, 109f., 112f., 117, 121, 127, 130f., 137, 173f., 177, 179, 200, 202, 208, 220, 222f., 227, 239, 246, 257ff., 284, 288, 291f., *330*
Tarif(funktion) 70, *330*
Tarifprobebaum *330*
Tieflagen **31,** 44, 46, 56ff., 64, 83, 94, 108, 114, 132f., 136, 138, 144, 191f., 194ff., 221f., 298, *330*
Topografie 35, **55f.,** 164
Totalreservat siehe Waldreservat, Natur-
Totholz 22, 24, 70ff., 80, **116f.,** 119, 132ff., 136, 175, 189, 202f., **217ff., 232,** 234, 236, 283, 286, 288, 290, 292, 297, 299, 305, 308, 310f., *330*
Totholz, liegendes 22, 24, 70, 117, 119, 132, 134, 202f., 218ff., 286, 299, 308, 311
Totholz, LIS- 119, 218, *330*
Totholz, stehendes 117, 119, 218f., 222, 224, 286, 299, 308, 311
Totholzbasalfläche 224, *330*
Totholzmenge 119, 217f., 220f., 299, *330*
Totholzqualität 217, **221ff.**
Totholzstammzahl 224, *330*
Totholzvolumen 70ff., 117, **217ff.,** 232, 234, 236, 286, 288, 290, 297, 299, 305, 308, 311, *330*
Totholzvorrat *330*
Traktor 164f., 169
Trämel (siehe auch Kurzholz) *330*
Transportdistanz 287, 302
Trieb (Spross; siehe auch Gipfeltrieb) 129, 292, *330*
Trinkwasser 35, 46, 48ff., 163, 239, 241ff., 283, 300f., 308f.
Trinkwasserqualität 241, 243, 245
Trinkwasserquellen 243
Trinkwasserschutz 48ff., 163, 239, 241ff., 283, 288, 300f.
Trinkwasserschutzwald **242ff.,** 301

U
Überbelastung siehe Beeinträchtigung, anthropogene
Überführung *330*
Überführungsdurchforstung 160ff.
Ulme – *Ulmus* sp. 87, 136, 191, 194
Umfrage 13ff., **24,** 26, 32, *330*
Umrechnungsfaktoren (Biomasse) 117f.
Umsetzung **27,** 266
Umtriebszeit 99, 113f., 307, 310, *330*
Umwandlung 160ff., 208, *330*
Unternehmer(einsatz) 168f.
Unterschicht *330*
Urwald 114, 202, 218, 224f., 233, 236, *330*

V
Vegetation, potenzielle natürliche 24, 32, **59ff.,** 220, 227, 254, 258f., *330*
Vegetationshöhenmodell 16, 18, 20, 23, 29
Vegetationshöhenstufe (Höhenstufe) 31, **56ff.,** 100, 104, 107, 111, 115, 191f., 195, 197ff., 201f., 204, 208, 226, 232ff., 248, 299, *330*
Veränderung (Waldveränderung) 13f., **40ff.,** 54, **70ff., 76ff.,** 83, 85ff., 106, 129, 134, 159, 165, 192, 195, 198f., 205, 221ff., 255, 257, 259, 270, 306, 310f.
Veränderung (Veränderungsauswertung) 19f., 28, 30, 33, 70, 172
Verbiss (des Gipfeltriebs) 83, 104, 121f., 127ff., 195, 208, 239, 246, 257, 284, 288, 292, *330*
Verbissintensität 121, 127, 129ff., 246, 257, 284, 292, *330*
Verbissintensität, kritische 129f., *331*
Vergleichbarkeit (der Daten) **29,** 305
Verhältnis (von Nadel- zu Laubbäumen) 52, 77, 80, 109, 117, 179
Verhältnis (von Nutzung und Mortalität zum Zuwachs) 147, 172, **180ff.,** 285, 294f.
Verhältnis (von Nutzung zum Nettozuwachs) 180f., 305, 307, 311
Verjüngung (Tätigkeit) 92, 94, **207ff.,** 244f., 283, 286, 292, 298, 308, 311, *330*
Verjüngung (Waldverjüngung) 21, 82f., 94, 102, 104, **114f.,** 124f., 127ff., 191, **207ff.,** 215, 224, 226, 236f., 244, 250, 253, 256f., 283, 286f., 292, 298, 300ff., 308, 311, *330*
Verjüngung unter Schirm 129, 208, 245, *331*
Verjüngung, flächige **207**
Verjüngung, künstliche (Pflanzung) 208, 210, 286, 298, 308, 311
Verjüngung, natürliche siehe Naturverjüngung
Verjüngungsart 208f., *331*
Verjüngungsbestand 129, 208, 286, 298, *331*
Verjüngungsdeckungsgrad 84, **114f.,** 245, 256f., 301
Verjüngungsfläche 207, 308, 311
Verschleissschicht 64f.
Versicherungspunkt 19
Vertrauensintervall 28f.
Vielfalt, biologische siehe Biodiversität
Vitalität **121ff.,** 140f., 143, 282, 288, **291,** 293, 305, **307**
Vollbaum 166f., *331*
Vollernter 164, 166ff.
Volumen 29, 70ff., 91, 116ff., 172, 175, 182ff., 202, 218ff., 224, 234, 236, 286, 290, 297, 299, 308
Volumenfunktion 70, *331*
Voralpen 13, 30, 32
Vorrangfunktion 31, 37, 47ff., 161ff., 220, 233, 247, 272, 277, 286f., 299, 304, 309, 311
Vorrat (Holzvorrat) 13, 20f., 30, 33, 35, **70ff., 75ff.,** 85ff., 94, 96f., 99ff., 109f., 116ff., 169, 171, 173, 180, 182, 184, 216, 220, 267, 270, 282, 284, 288ff., 292, 295, 305f., 310, *331*
Vorratsveränderung 35, 70, 77, 85ff., 270
Vortransport 169

W
Wald (siehe auch Waldfläche) *331*
Wald ohne Gebüschwald 18f., 37
Wald, öffentlicher 13, 73ff., 77ff., 147, 150, 169, 172f., 176, 178, 180ff., 184f., 265, **267ff.,** 290, 296, 309, *331*
Wald, privater siehe Privatwald
Wald, unzugänglicher (Waldfläche, unzugängliche) **94f.,** 98, 210, 225, *331*
Wald, zugänglicher 25
Wald, zugänglicher, ohne Gebüschwald 18, 20, 32f., *331*
Wald, zugänglicher, ohne Gebüschwald LFI3/LFI4 33, *331*
Waldanteil (Waldflächenanteil, Bewaldungsprozent) 35, 37, **39ff.,** 59, 284, 290, 306, 310
Waldareal (siehe auch Waldfläche) 21, 32f., 52f., 55, 209f., 305
Waldart 111, 190, 198, 217, 283, 297
Waldaufbau 113, 243f., *331*
Waldbauprojekt 149, 151f.
Waldbegrenzungslinie 22, 204
Waldbestand siehe Bestand
Waldbewirtschaftung **154ff.,** 172, 187, 193, 225, 228, 243f., 296, 300
Waldbewirtschaftung, nachhaltige 15, 75, 113, 147, 149, 152, 172, 179f., 253, 255, 265f., **279ff.,** *331*
Waldboden 119, 121ff., 242, 256, 271, 291f., *331*
Waldbrand 141, 207, 217
Waldbreite siehe Mindestbreite (für Walddefinition)
Walddefinition 16, **21f.,** 32, 37, 52, 96, 247, *331*
Waldeigentümer 151f., 160f., 168, 265f., 268, 293, 296, 304

Waldentscheid 21, 37, 52, 204
Waldentstehung 24, 42, **209ff.**
Waldentwicklungsplan 149f., 272, 296
Walderschliessung siehe Erschliessung
Wälder, geschützte 48, **232ff.,** 283, 305, 308, 311
Wälder, ungestörte **225,** 237
Waldfläche 20f., 30, 35, **37ff.,** 53, 59, 61ff., 65ff., 94, 111ff., 115, 138, 140f., 143ff., 147, 149ff., 154ff., 164ff., 189, 191ff., 196ff., 207ff., 212, 216, 225ff., 232ff., 239, 241ff., 246ff., 267ff., 271f., 279ff., 288, *331*
Waldfläche ohne Eingriff seit über 50 Jahren 154, 226, 234, 260, 286, 297f.
Waldfläche pro Kopf **271f.,** 287, 303ff., 309, 311
Waldfläche, beweidete siehe Beweidung
Waldfläche, bewirtschaftete siehe Bewirtschaftungsintensität
Waldfläche, dauernd nicht bestockte **95ff.,** 232, *331*
Waldfläche, Kenngrössen 41
Waldfläche, nicht bestockbare 96
Waldfläche, unzugängliche siehe Wald, unzugänglicher
Waldfläche, vorübergehend nicht bestockte 98f., 102ff., 111, 197, 207, *331*
Waldflächenanteil (Waldanteil; Bewaldungsprozent) 37, **39ff.,** 59, 284, 290, 306, 310
Waldflächenveränderung (Veränderung der Waldfläche) 14, 35, **40ff.,** 54, 70, 306, 310
Waldform 94, 138, 258, 259, 306, *331*
Waldformation 59, 61, 220, 258f., *331*
Waldfunktion 14, 24, 32, 35, **37, 46ff.,** 94, 104, 114, 159, 163, 220, **241f., 246, 271f.,** 282, 290, 304, *331*
Waldgesellschaft 15, 218, 220, 227, 229, 254, 259, *331*
Waldgesetz (WaG) 14, 21, 149, 246, 280, 296
Waldgrenze 96, 204, *332*
Waldinventur siehe Inventur
Waldmantel 205f., *332*
Waldmischungsgrad 16, 23
Waldnutzung siehe Nutzung
Waldökosystem 122, 123, 127, 217, 225, 282f., 291, 297, *332*
Waldpflege 154, 250, 302
Waldplanung (forstliche Planung) 13, 24, 47f., **147ff.,** 242f., 246, 272, 282, 285, 294ff., 307, 311
Waldplanung, kantonale 149f., 242f., 246, 282, 285, 294, 296, 307, 311
Waldplanung, lokale 149ff., 282, 285, 294, 296, 307, 311
Waldrand 22, 24, 32f., 85, 96, 189, 191, **194f.,** 196f., **203ff.,** 225, 231, 285f., 298f., *332*
Waldrandlänge (Länge der Waldränder) 22, **203f.**
Waldrandpflege 160ff.
Waldreservat 47f., 189, 223, 225, **232f.,** 299
Waldreservat, Natur- 48, 50, 202, 219, 223, 232ff., 308, 311
Waldreservat, Sonder- 48, 232ff., 308, 311
Waldreservate im Vergleich mit übrigem Wald 233ff.
Waldreservatstyp (Reservatstyp) **232ff.**
Waldressourcen (Ressourcen) 13, **35ff.,** 53, 71, 109, 280, 282f., 288ff., 297, 305f., 309, 311
Waldschäden (Schäden an Beständen) **138f.,** 271, 282, 285, 291ff., 307, 310
Waldstrasse (siehe auch Lastwagenstrasse) 16, 24, **62ff.,** 95ff., 125ff., 169, 227, 261ff., 271f., 277, 294, 296, 304, *332*
Waldstrassenlänge (Länge der Waldstrassen) **63f.,** 261
Waldtyp **94ff.,** 202, 218, 282, *332*
Waldveränderung siehe Veränderung
Waldverjüngung siehe Verjüngung
Waldverteilung 41
Waldweide siehe Beweidung
Waldwirkungen *332*
Waldzertifizierung siehe Zertifizierung
Waldzunahme 37, 40ff., 56, 70f., 119
Wasserreis siehe Klebast
Weidewald siehe Wytweide
Wiederholungsaufnahme 24, *332*
Wildschäden (siehe auch Schäden am Jungwald) 288, *332*
Wildschutz (Waldfunktion) 49ff., 163, 233, 286, 299
Wildverbiss siehe Verbiss
Windschutz (Waldfunktion) 49ff., 140, 163
Windwurf 42, 140ff., 193, 197f., 207f., 250, 255, 259, 295
Wipfel (Baumwipfel) 172, *332*
Wirkungsanalyse 15
Wirtschaftsplan siehe Betriebsplan
Wirtschaftsregion **30f.,** 75ff., 130f., 142, 216, 219, 221, 226, 228, 231, 247, *332*
Wuchsgebiet 56f., 61
Wurzelbrut *332*
Wurzeln 71, 116ff., 124, 242, 292, 306, *332*
Wurzelstock 202f., 220
Wurzel-Spross-Verhältnis *332*
Wytweide (Weidewald) 96, *332*

Z

Zeitpunkt des letzten Eingriffs siehe Eingriff, Zeitpunkt des letzten
Zertifizierung 149, **152f.,** 282, 285, 294, 296
Zielgrössen 17f., 20, 27, 30f., 33, 232, *332*
Zielsetzung 13, 16, 18, 27
Zopfdurchmesser 182, *332*
Zuchtpappel 214f.
Zugänglichkeit 94, 112, 272
Zusatznetz 18f.
Zustandsvergleich 19, 30, 33, 40ff., 44, 72f., 104, 106, 108f., 112, 114f., 135, 137, 157, 159, 181, 193f., 198, 201, 203, 206, 209, 214f., 222, 224, 226, 231, 245, 251, 253, 256, 261
Zuwachs 14, 20, 33, 61, 70, 85ff., 100ff., 147, **172ff., 179ff.,** 270, 282, 285, 294f., 306f., 311, *332*
Zuwachsabschöpfung 147, 172, 180ff., 285, 294f., 307, 311
Zwangsnutzung **140ff.,** 175, 246, 260f., 282, 285, 287f., 291, 293, 295, 300f., *332*
Zwangsnutzungsanteil 140f., 260f.

9.5 Bildnachweis

Zeichnungen

Die Zeichnungen zum Umschlag und zu den Titelseiten der Hauptkapitel hat Ingo Giezendanner, www.grrrr.net, Zürich, im Auftrag für dieses Buch angefertigt. Jegliche weitere Verwendung dieser Zeichnungen bedarf einer separaten Vereinbarung mit dem Autor und dem LFI.

Die Verwendungsrechte an den übrigen Zeichnungen liegen beim LFI.

Fotos

Für die zur Verfügung gestellten Fotos bedanken wir uns bei:
Beni Basler, www.fotobasler.ch, Aarau: 164
Christoph Laib, www.still-sein.ch, Lippoldswilen (Kemmental): 187
Paul Rienth, www.proforst.ch, Kreuzlingen: 94, 100, 101 ml, 102 r, 141, 152, 161, 206, 212, 271
Simon Speich, photo.speich.net, Basel: 43, 46, 53, 75, 80, 93, 128, 133, 145, 155, 186, 192, 196, 207, 241, 259

und folgenden Mitarbeitenden der Eidgenössischen Forschungsanstalt WSL:
Barbara Allgaier Leuch: 256
Hansheinrich Bachofen: 96 mlu, 101 mr
Urs-Beat Brändli: 108, 116, 143, 175, 194, 195, 215, 217, 219, 221, 223, 225, 236, 237 u
Peter Brang: 91
Anton Bürgi: 268 u
Fritz Frutig: 67, 168
Christian Rickli: 252
Paul Scherrer: 95, 96 mlo, 96 r, 97 l, 97 r, 102 ml
Simon Speich: 14, 17, 19, 23, 26, 29, 33, 39, 49, 56, 63, 72, 76, 85, 88, 92, 111, 112, 123, 139, 149, 158, 169, 176, 180, 184, 198, 199, 209, 210, 227, 230, 237 o, 244, 250, 255, 263, 268 o, 274
Ulrich Wasem: 213
Beat Wermelinger: 125, 197
WSL: 97 mr
Andreas Zingg: 96 mr, 99, 103

l = links (1. Spalte), ml = Mitte links (2. Spalte), mr = Mitte rechts (3. Spalte), r = rechts (4. Spalte),
o = oben, u = unten

© Sämtliche Fotos sind urheberrechtlich geschützt. Jegliche weitere Verwendung bedarf einer ausdrücklichen Erlaubnis des jeweiligen Autors.

Geodaten in den Karten

Grenzlinien und Seen: BFS (Bundesamt für Statistik) 1998: Grenzlinien GZG1998; GEOSTAT. Neuenburg
Generalisiertes Gewässernetz: © 2020 swisstopo (5704000000) – Reproduktionsbewilligung: JA100118

Schweizerisches Landesforstinventar

Ergebnisse der vierten Erhebung 2009–2017

In den Jahren 2009 bis 2017 fanden die Erhebungen zum vierten Schweizerischen Landesforstinventar (LFI) statt, im Durchschnitt acht Jahre nach der dritten Erhebung. Die Resultate über den Zustand und die Entwicklung des Schweizer Waldes werden umfassend dargestellt und erläutert. Der Bericht ist thematisch strukturiert nach den europäischen Kriterien und Indikatoren zur nachhaltigen Bewirtschaftung des Waldes: Waldressourcen, Gesundheit und Vitalität, Holzproduktion, biologische Vielfalt, Schutzwald und Sozioökonomie. Eine Bilanz zur Nachhaltigkeit, basierend auf LFI-Ergebnissen, schliesst die Publikation ab.

WSL
Eidgenössische Forschungsanstalt
für Wald, Schnee und Landschaft WSL,
CH-8903 Birmensdorf

9 783905 621600 >