> Waldbericht 2015

Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

WSL

> Waldbericht 2015

Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes

Editoren: Andreas Rigling, Hans Peter Schaffer

Herausgegeben von Bundesamt für Umwelt BAFU und
Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL
Bern, 2015

Impressum

Herausgeber
Bundesamt für Umwelt (BAFU), 3003 Bern
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).
Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), 8903 Birmensdorf

Projektoberleitung
Rolf Manser, BAFU
Dr. Christoph Hegg, WSL

Projektleitung
Hans Peter Schaffer und Roberto Bolgè, BAFU
Dr. Andreas Rigling, WSL

Redaktion
Dr. Manuela Di Giulio, WSL

Sprachliche Bearbeitung
Jacqueline Dougoud

Zitierung
Gesamtbericht:
Rigling, A., Schaffer, H.P. (Eds.) 2015: Waldbericht 2015. Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes. Bundesamt für Umwelt, Bern, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. 144 S.

Gestaltung und Illustrationen
anamorph, Marcel Schneeberger, Mitarbeit: Ladina Ingold, Naoko Iyoda

Bezug der gedruckten Fassung und PDF-Download
BBL, Vertrieb Bundespublikationen, CH-3003 Bern
Tel. +41 58 465 50 50
verkauf.zivil@bbl.admin.ch
Bestellnummer: 810.200.017d
www.bafu.admin.ch/uz-1512-d

Klimaneutral und VOC-arm gedruckt auf Recyclingpapier.

Diese Publikation ist auch in französischer, italienischer und englischer Sprache verfügbar. Die Originalsprache ist Deutsch.

© BAFU / WSL 2015

Bildnachweis Umschlag und Kapitelbilder
Coverbild: Waldgrenze mit Arven, Lärchen und Fichten im Dischma bei Davos (GR). Foto: Ulrich Wasem, WSL
S. 8: Wald bei Roccabella (Minusio, TI), im Vordergrund die nicht einheimische Hanfpalme. Foto: Kathrin Brugger, WSL
S. 24: Kulturlandschaft bei Wynigen im Emmental (BE) Foto: Markus Bolliger, BAFU
S. 28: Buchenniederwald in Provence (VD). Foto: Urs-Beat Brändli, WSL
S. 42: Laubausbruch einer Buche im Lungenkraut-Buchenwald des Waldreservates Schlossflue ob Twann (BE). Foto: Markus Bolliger, BAFU
S. 58: Holzkuppel des Streusalzlagers Saldome 2 in Riburg (AG) Foto: Rémy Höhener, www.timecaptures.com
S. 68: Stockschwämmchen auf Totholz. Foto: Markus Bolliger, BAFU
S. 90: Stockalperweg von Brig nach Gondo (VS). Foto: Schweizer Luftwaffe
S. 98: Waldarbeit oberhalb von Chur. Foto: Natalie Boo
S. 126: Blick vom Aussichtsturm auf dem Uetliberg auf die Aussichtsplattform Uto Kulm an der Gemeindegrenze zwischen Zürich und Stallikon (ZH) Foto: Christine Bärlocher/Ex-Press/BAFU

> Inhalt

Abstracts **5**
Vorwort **7**

Wald im Wandel **9**

Einleitung zu den europäischen Indikatoren von Forest Europe **25**

1	**Ressourcen**	**29**
1.1	Waldfläche	30
1.2	Holzvorrat	32
1.3	Altersaufbau und Bestandesstruktur	34
1.4	Kohlenstoffvorrat	38
2	**Gesundheit und Vitalität**	**43**
2.1	Luftschadstoffe	44
2.2	Boden	46
2.3	Zustand Baumkronen	50
2.4	Waldschäden	52
3	**Nutzung**	**59**
3.1	Holznutzung und Zuwachs	60
3.2	Rundholz	62
3.3	Nichtholzprodukte	64
3.4	Waldplanung und Zertifizierung	66
4	**Biodiversität**	**69**
4.1	Artenvielfalt	70
4.2	Verjüngung	74
4.3	Naturnähe	76
4.4	Nicht einheimische Baumarten	78
4.5	Totholz	80
4.6	Genetische Ressourcen	82
4.7	Wald in der Landschaft	84
4.8	Gefährdete Arten	86
4.9	Waldreservate	88
5	**Schutzwald**	**91**
5.1	Trinkwasser	92
5.2	Schutz vor Naturgefahren	94
6	**Sozioökonomie**	**99**
6.1	Waldeigentümer	100
6.2	Volkswirtschaftliche Bedeutung der Wald- und Holzwirtschaft	102
6.3	Wirtschaftliche Lage der Forstbetriebe	106
6.4	Staatliche Förderung der Waldwirtschaft durch den Bund	108
6.5	Beschäftigte in der Wald- und Holzwirtschaft	110
6.6	Unfälle bei der Waldarbeit	112
6.7	Holzendverbrauch	114
6.8	Aussenhandel mit Holz und Holzprodukten	116
6.9	Holzenergie	118
6.10	Erholung im Wald	120
6.11	Wald und Kulturerbe	122
6.12	Waldpädagogik	124

Glossar **127**
Literatur **137**
Weblinks **142**
Autorinnen und Autoren **143**

> Abstracts

The Forest Report 2015 provides information about the condition of the Swiss forests. It is based on the internationally recognised and standardised indicators of Forest Europe and is an international reference for sustainable forest management. The data basis is derived from comprehensive monitoring of the forest, which has been established during recent decades, and which enables the condition of the forest to be analysed in more depth. The Report takes a look back at the development since the publication of the last Forest Report in 2005, and can thus answer questions about complex forest ecosystems and how to manage them. The Report allows insights into the Swiss forest in all its facets, and serves as a reference book for both experts and laypeople.

Keywords:
Forest Europe, wood, indicator, monitoring, resources, forest services, forest use, forest condition

Der Waldbericht 2015 informiert über den Zustand des Schweizer Waldes. Er basiert auf den international anerkannten und standardisierten Indikatoren von Forest Europe und ist eine internationale Referenz für nachhaltige Waldbewirtschaftung. Die Datengrundlagen stammen aus einem umfassenden Waldmonitoring, das in den vergangenen Jahrzehnten aufgebaut wurde und eine vertiefte Zustandsanalyse erlaubt. Der Bericht schaut zurück auf die Entwicklung seit dem Erscheinen des letzten Waldberichts im Jahr 2005. Damit beantwortet er Fragen rund um das komplexe Ökosystem Wald und seine Bewirtschaftung. Der Bericht vermittelt Einblicke in den Schweizer Wald in all seinen Facetten und dient als Nachschlagewerk für Fachleute und Laien.

Stichwörter:
Forest Europe, Holz, Indikatoren, Monitoring, Ressourcen, Waldleistungen, Waldnutzung, Waldzustand

Le Rapport forestier 2015 entend renseigner sur l'état de la forêt suisse. Il s'appuie sur les indicateurs standardisés paneuropéens de Forest Europe et constitue une référence internationale pour la gestion forestière durable. Les bases de données sont issues d'un monitoring complet des forêts, mis en place au cours des dernières décennies. Il permet une analyse approfondie de l'état des forêts. Le rapport dresse une rétrospective de l'évolution depuis la parution du rapport précédent, en 2005. Il répond ainsi aux questions sur cet écosystème complexe et sur sa gestion. Il donne un aperçu de toutes les facettes de la forêt suisse et sert d'ouvrage de référence pour les spécialistes et les non-spécialistes.

Mots-clés:
Forest Europe, bois, indicateurs, monitoring, ressources, prestations forestières, utilisation de la forêt, état de la forêt

Il Rapporto forestale 2015 fornisce informazioni sullo stato del bosco svizzero. Si fonda su indicatori standardizzati di Forest Europe, riconosciuti a livello internazionale, e rappresenta un riferimento internazionale per la gestione forestale sostenibile. I dati provengono da un esteso monitoraggio forestale che si è costituito negli scorsi decenni e che permette un'analisi approfondita della situazione attuale. Il presente rapporto ripercorre l'evoluzione dei boschi rispetto al precedente Rapporto forestale, pubblicato nel 2005, e risponde agli interrogativi in merito al complesso ecosistema bosco e alla sua gestione. Inoltre fornisce uno sguardo sul bosco svizzero, considerato in tutte le sue sfaccettature e rappresenta un'opera di consultazione sia per gli addetti ai lavori che per i non esperti.

Parole chiave:
Forest Europe, legno, indicatori, monitoraggio, risorse, prestazioni del bosco, utilizzazione del bosco, stato del bosco

> Vorwort

Der Wald ist wichtig für die Schweiz. Er bedeckt rund ein Drittel der Landesfläche und prägt die Landschaft und unsere Lebensqualität. So erbringt er wertvolle Leistungen für die Öffentlichkeit, wie etwa den Schutz vor Lawinen oder Steinschlag, und er kann den Wasserabfluss mindern. Er liefert die erneuerbare und nachhaltig produzierbare Ressource Holz. Zudem ist er ein unverzichtbarer, naturnaher Lebensraum für viele Arten und ein zentraler Erholungsraum für die Menschen: 94 Prozent der Bevölkerung gehen regelmässig in den Wald; die meisten Leute fühlen sich danach erholter und entspannter.

Doch wie geht es dem Schweizer Wald, welche Leistungen erbringt er, und wie steht es um seine Nachhaltigkeit? Der Waldbericht 2015, erstellt von Fachleuten aus Wissenschaft und Praxis, geht diesen Fragen nach. Er informiert über den Wald mit all seinen Facetten und legt dessen Entwicklung seit dem letzten Waldbericht von 2005 dar. Die Antworten fallen je nach Fokus der Fragestellung verschieden aus und verweisen auf den Zustand des Schutzwaldes, die Entwicklung der Biodiversität oder den Erfolg der Waldwirtschaft.

Dabei lässt der vorliegende Bericht zwei umfassende Folgerungen zu. Erstens: Der Zustand des Waldes ist nie statisch, denn dieser passt sich laufend den sich verändernden Umweltbedingungen an. Diesen Wandel, der für das menschliche Auge nicht immer leicht erkennbar ist, zeigt der Bericht dank der langfristigen Waldbeobachtung eindrücklich auf. Zweitens: Die Autorinnen und Autoren beurteilen den Zustand des Schweizer Waldes insgesamt und momentan als verhältnismässig gut. Doch im Wissen um die Veränderungen in der Vergangenheit und die sich für die Zukunft abzeichnenden grossen Herausforderungen stellt sich die Frage: Bleibt dies auch in den nächsten 10 Jahren so, oder beobachten wir zurzeit die Ruhe vor dem Sturm? Einige der anstehenden Herausforderungen sind jetzt schon spürbar. Dazu zählen der Klimawandel oder hierzulande bislang unbekannte und gefährliche Schadorganismen. Daneben zeigt die Vergangenheit, dass immer wieder neue Gefahren hinzukommen können, mit denen wir heute nicht rechnen.

Die Waldbeobachtung und die Waldberichterstattung müssen also weitergehen, damit wir neue Entwicklungen rechtzeitig erkennen und der Bevölkerung, den waldpolitischen Akteuren und den Entscheidungsträgern auch künftig gesicherte Fakten zum Zustand und zum Wandel des Waldes liefern können. Nur so wird es möglich sein, auch in Zukunft die bestmöglichen Entscheide für den Wald unserer Kinder zu fällen.

Wir wünschen Ihnen eine spannende und lehrreiche Lektüre und hoffen, dass Ihnen dieser wertvolle Fundus an Erkenntnissen die notwendigen Informationen und Anstösse liefert.

Josef Hess
Vizedirektor
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Christoph Hegg
Stellvertretender Direktor
Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)

> Wald im Wandel

Andreas Rigling, Daniel Landolt, Rolf Manser

Einleitung

«Wie geht es dem Schweizer Wald?», fragte der Waldbericht 2005. Diese einfache Frage liess sich damals nicht – und lässt sich auch heute nicht – pauschal mit «gut» oder «schlecht» beantworten. Denn der Wald ist ein komplexes Gefüge von vielen unterschiedlichen Elementen. Die Antwort muss deshalb differenziert ausfallen. Der vorliegende Waldbericht 2015 beschreibt den aktuellen Zustand des Schweizer Waldes anhand einer Vielfalt an Zahlen und Fakten. Er ist eine Situationsanalyse aus heutiger Sicht, schaut aber auch zurück auf die Entwicklung seit dem Erscheinen des letzten Waldberichts im Jahr 2005. Somit liefert er Antworten auf Fragen rund um das komplexe Ökosystem Wald und seine Bewirtschaftung. Zudem werden mit Blick in die Zukunft Folgerungen für die Politik und die Forschung abgeleitet.

Der Waldbericht basiert auf den standardisierten und international anerkannten Indikatoren von Forest Europe (Forest Europe et al. 2011). Damit wird das vielschichtige Thema strukturiert und international vergleichbar gemacht. Ferner stellt er einen Bezug her zu den in Zusammenarbeit mit den Kantonen erarbeiteten Basisindikatoren aus dem Projekt «Nachhaltigkeitskontrolle Wald». Das vorliegende Kapitel «Wald im Wandel» ist eine Synthese und stützt sich hauptsächlich auf die Resultate des zweiten Teils dieses Berichts, welcher die Indikatoren von Forest Europe beschreibt. Zusätzliche Quellen sind zitiert.

Die Datengrundlage zur Beurteilung des Zustandes des Schweizer Waldes hat sich in den vergangenen Jahrzehnten verdichtet, unter anderem weil ein umfassendes Waldmonitoring aufgebaut wurde. Ein wichtiger Auslöser dafür war in den 1980er-Jahren die Debatte über das Waldsterben. Sie zeigte, dass der Ausgangszustand bekannt sein muss und dass Abweichungen davon gemessen und aufgezeichnet werden müssen, damit zuverlässige Aussagen zum Zustand des Waldes und seinen Veränderungen möglich sind. Seit Mitte der 1980er-Jahre wird das nationale Landesforstinventar LFI durchgeführt, mittlerweile zum vierten Mal. Die Sanasilva-Waldzustandsinventur, das Monitoring von Schadorganismen und die Walddauerbeobachtung feierten ihr 30-Jahr-Jubiläum, und das Forschungsprogramm Langfristige Waldökosystem-Forschung verfügt heute über 20-jährige Zeitreihen mit genauen Messdaten in Dutzenden von intensiv untersuchten Flächen. Und als Folge der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro im Jahr 1992 verfügt die Schweiz seit rund 10 Jahren als eines der ersten Länder weltweit über ein systematisches Biodiversitätsmonitoring. Zusätzlich kann der Waldbericht 2015 auf weitere Daten verschiedener ökologischer und sozioökonomischer Erhebungen zurückgreifen, die in den Grafiken II und III dargestellt sind[1]. Dank dieser breit abgestützten Datenbasis hat sich das Prozessverständnis bezüglich des Schweizer Waldes verbessert, und wir verstehen heute die komplexen Zusammenhänge im Waldökosystem besser als zur Zeit der Waldsterbensdebatte.

Der Wald ist ein System mit langen Entwicklungs- und Planungszeiträumen und entsprechend grossen Planungsunsicherheiten, da sich im Verlaufe eines Baumlebens das gesellschaftliche und ökonomische Umfeld stark ändern kann. In der Schweiz gibt es wohl kaum einen Waldbestand, dessen heutige Verwendung vollständig mit seinem ursprünglichen Zweck übereinstimmt. Ein gutes Beispiel dafür ist der Galmwald bei Murten (FR), der bis 1798 gemeinsamer Besitz von Bern und Freiburg war. Die beiden Städte nutzten sein Holz seit dem 15. Jahrhundert, um etwa Wehrgänge und Kanonenlafetten in Murten instand zu halten. Zur langfristigen Sicherung des Nachschubs an Eichenholz liess der Schultheiss von Murten 1713 zwei grosse Flächen kahl schlagen und mit Eicheln besamen. Die riesigen Eichen, die sich heute im Obereichelried finden, stammen aus dieser Saat. Ihre Stämme werden heute zu Weinfässern verarbeitet und liefern feinstes Furnierholz für die Möbelfabrikation. Zudem gilt das Obereichelried mittlerweile als wichtiges Genreservat (Küchli und Chevalier 1992).

Der zukünftige Bedarf an Holz und an anderen Waldleistungen für das 22. und 23. Jahrhundert lässt sich nur schwer abschätzen, denn der gesellschaftliche Wandel geht immer schneller vonstatten. Die Schweizer Gesellschaft durchläuft eine rasante Verstädterung. Heute leben bereits rund 70 Prozent der Bevölkerung im städtischen Raum (BFS 2014). Der Siedlungsdruck und die Mobilität nehmen stetig zu und führen zu einer Abnahme der Landwirtschaftsfläche von rund einem Quadratmeter pro Sekunde sowie zu einer zunehmenden Landschaftszerschneidung. Die Waldfläche ist aufgrund des schweizerischen Waldgesetzes seit über 100 Jahren geschützt, doch rückt der Siedlungsraum immer näher, und der Wald als grosser, naturnaher Lebensraum gerät zusehends in Bedrängnis. Auch Veränderungen in der hiesigen Bevölkerung und deren Einstellung zu Wald und Natur beeinflussen die Rahmenbedingungen für den Wald und seine Bewirtschaftung.

Wir entwickeln uns immer mehr zu einer Freizeitgesellschaft mit neuen Bedürfnissen und Ansprüchen an den Wald (Pröbstl et al. 2010).

Des Weiteren haben sich technische und wirtschaftliche Entwicklungen verstärkt, die den Wald direkt beeinflussen. So hat beispielsweise die starke Zunahme des globalen Warenhandels zu einer vermehrten Einschleppung fremder Schadorganismen geführt (Roques 2010). In Zukunft wird auch die Neuausrichtung der schweizerischen Energiepolitik die Waldbewirtschaftung beeinflussen. Der nachwachsende Rohstoff Holz dürfte stärker als bisher als Energieholz genutzt werden, was Auswirkungen auf weitere Waldfunktionen haben wird. So könnten sich beispielsweise Synergien mit den Zielen der Waldbiodiversität ergeben, indem lichte Wälder gefördert werden, doch anderseits könnte sich ein Rückgang an Totholz negativ auf holzbewohnende Arten auswirken.

Zusätzlich schafft der Klimawandel neue Rahmenbedingungen für die Waldbewirtschaftung und die Erbringung der Waldleistungen (vgl. Grafik I). Weltweit und in der Schweiz werden erste Anzeichen von Auswirkungen des Klimawandels auf die Wälder sichtbar. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sind sich einig, dass die bisher beobachteten Veränderungen erst der Anfang eines sich fortsetzenden Prozesses sind und dass sie sich bei fortschreitendem Klimawandel verstärken werden. Wie stark die Veränderungen tatsächlich ausfallen werden, ist aber schwer abschätzbar. Für den Waldbewirtschafter ist diese Ausgangslage schwierig, denn je nach Szenario ist es fraglich, wie gut die heutigen Baumarten an die zu erwartenden Umweltbedingungen in 50 bis 100 Jahren angepasst sein werden.

Der Wald verändert sich

Der Wald bedeckt heute 32 Prozent der Landesfläche. In den Berggebieten nimmt die Waldfläche zu, weil viele landwirtschaftlich genutzte Flächen nur noch extensiv oder teilweise gar nicht mehr bewirtschaftet werden. Der Wald kann sich in solchen Gebieten ausbreiten und sein ursprüngliches natürliches Areal zurückerobern. Verschiedene Untersuchungen in den Alpen und weltweit zeigen zudem, dass der Klimawandel die Wachstumsbedingungen in Gebirgswäldern stetig verbessert, denn diese sind generell durch die Kälte in ihrem Wachstum eingeschränkt. In den Hochlagen wachsen die Bäume zunehmend besser, sie können sich leichter verjüngen, ihre Bestände schliessen sich, und die obere Waldgrenze verschiebt sich langsam in höhere Lagen (Gehrig-Fasel 2007). Durch die Zunahme der Waldfläche können einerseits ökologisch wertvolle Lebensräume verloren gehen (z. B. Trockenwiesen), anderseits werden gewisse Waldfunktionen verbessert, wie beispielsweise die Schutzleistungen gegen Naturgefahren oder die CO_2-Speicherung durch zusätzliche Bäume (Rigling et al. 2012).

In den intensiv genutzten Gebieten des Mittellandes und der alpinen Zentren hingegen gerät die Waldfläche durch den Bau von Siedlungen und Infrastrukturanlagen zunehmend unter Druck. Die Waldfläche ist dort zwar seit Jahrzehnten konstant, und der Wald ist durch das Waldgesetz geschützt, aber menschliche Ansprüche beginnen, immer mehr in den Wald hineinzugreifen. Beispiele dafür sind erste Überlegungen, Siedlungen in den Wald hinein zu erweitern (Projektidee Waldstadt Bremer in Bern). Auch Bauten und Anlagen im Wald nehmen zu – jüngstes Beispiel dafür sind Windenergieanlagen in Wäldern. Eine mit Deutschland vergleichbare Entwicklung, wo seit einigen Jahren zunehmend Windkraftanlagen im Wald errichtet werden, wird in der Schweiz jedoch noch nicht beobachtet.

Nicht nur die Waldfläche wächst, sondern auch der Holzvorrat hat seit dem Waldbericht 2005 weiter zugenommen (+3 %), wenn auch deutlich weniger stark als in den Vorjahren. Während der Vorrat hauptsächlich in den Alpen (+14 %) und auf der Alpensüdseite (+30 %) anstieg, ist er im Mittelland zurückgegangen (–11 %). Die Abnahme im Mittelland ist in diesem Ausmass unproblematisch, da die Vorräte insgesamt hoch sind und daher bis zu einem gewissen Mass abgebaut werden können. Bemerkenswert ist hier der markante Rückgang der Fichte um 31 Prozent. Dazu beigetragen haben einerseits Stürme, Trockenperioden und Borkenkäfer, anderseits die verstärkte Nutzung der Fichte. Heute sind nur noch 6 Prozent des Laubwaldgebietes im Mittelland mit Fichtenreinbeständen bestockt; die Tendenz ist weiterhin abnehmend (Brändli et al. 2015).

Die Zunahme von Holzvorrat und Waldfläche führt dazu, dass der Schweizer Wald nach wie vor als sogenannte Kohlenstoffsenke wirkt, also mehr Kohlenstoff bindet als freisetzt. Fraglich ist, ob dies auch in Zukunft so bleiben wird. Der Klimawandel könnte zu einer Zunahme von Extremereignissen wie Waldbränden, Stürmen oder Trockenheit führen, welche die Senkenleistung des Schweizer Waldes – zumindest vorübergehend – einschränken. Die Senkenleistung des Schweizer Waldes hat sich der Bund im Rahmen der ersten Verpflichtungsperiode 2008–2012 des Kyoto-Protokolls anrechnen lassen. In dieser Periode hat der Wald jährlich rund 1,6 Millionen Tonnen CO_2 Senkenleistung erbracht, was rund einem Drittel der Reduktionsverpflichtungen der Schweiz entspricht.

Der Wald ist ein wichtiger naturnaher Lebensraum in der Schweiz, der von der Bevölkerung zunehmend als Erholungsraum genutzt wird: Im Durchschnitt erfolgen die Waldbesuche im Winter 1- bis 2-mal pro Monat, im Sommer gar 1- bis 2-mal pro Woche. Die Leute suchen und finden dort Naturerlebnisse und Bewegung. Die zur Verfügung gestellte Infrastruktur (z. B. Feuerstellen, Bänke, Unterstände) spielt dabei

erstaunlicherweise eine eher untergeordnete Rolle. Natürliche Eigenschaften des Waldes werden positiv beurteilt. Eine der wenigen Ausnahmen ist das vielerorts vermehrt anzutreffende Totholz, welches oft negativ empfunden wird. Dies steht im Widerspruch zur wichtigen ökologischen Funktion von Totholz als Lebensraum für viele seltene Arten.

Die Waldbesuchenden fühlen sich heute deutlich mehr in ihrer Erholung gestört als noch vor 15 Jahren (27 vs. 18 %). Grund dafür ist die Zunahme an Erholungssuchenden im Wald: Die wichtigsten Störungsquellen sind Velofahren/Biken, Hunde und Lärm. Einschränkungen durch die Holznutzung werden heute – im Gegensatz zu einer ersten Erhebung im Jahr 1997 – kaum mehr beklagt. Doch unabhängig von den Störungen sind die Erholungssuchenden mit dem Walderlebnis sehr zufrieden und fühlen sich danach erholt.

Heutige und zukünftige Gefährdungen

In den kommenden Jahren wird sich die Gefährdungslage unserer Wälder verändern. Während heute nach wie vor erhöhte Stickstoffeinträge und Ozonkonzentrationen viele Wälder belasten, werden in Zukunft die direkten und indirekten Auswirkungen des Klimawandels sowie vermehrt eingeschleppte Schadorganismen dem Wald zusetzen.

Seit 1999 gab es keine grossen Störungsereignisse. Die Spuren der Orkane «Vivian» (1990) und «Lothar» (1999), des Hitzesommers 2003 und der nachfolgenden Borkenkäferepidemien sind im Schweizer Wald aber noch gut sichtbar, obwohl sie bereits Jahre zurückliegen. Gemäss den neusten Klimamodellen dürften im Zuge des Klimawandels extreme Störungsereignisse zunehmen und in Zukunft das Erscheinungsbild und die Leistungen unserer Wälder vermehrt prägen. Ein wichtiger Indikator für den Zustand des Waldes ist die Kronenverlichtung. Die seit 1985 durchgeführte Sanasilva-Inventur zeigt, dass sich die bis 1995 festgestellte Zunahme der Kronenverlichtung nicht fortgesetzt, sondern sich mit grossen jährlichen Schwankungen stabilisiert hat. Die Schwankungen werden grösstenteils durch klimatische Extremereignisse wie Trockenheit oder Stürme verursacht.

Die Stickstoffimmissionen konnten in den vergangenen Jahrzehnten deutlich reduziert werden; dennoch liegen heute auf 90 Prozent der Waldfläche die Einträge noch immer über den Grenzwerten. Je nach Standort wirkt sich der zusätzliche Stickstoff unterschiedlich aus: Er kann das Baumwachstum stimulieren oder die Bodenversauerung beschleunigen und zu einer Auswaschung wichtiger Nährstoffe wie Magnesium und Kalium führen. Letzteres ist vor allem an sauren Standorten relevant, zum Beispiel im Tessin oder in den Zentralalpen. Damit steigt das Risiko eines Nährstoffungleichgewichts, was langfristig den Nährstoffhaushalt der Waldböden und der Bäume beeinträchtigt. Der Stickstoffeintrag aus der Luft, der primär aus dem motorisierten Verkehr und der Landwirtschaft stammt, muss also weiter reduziert werden.

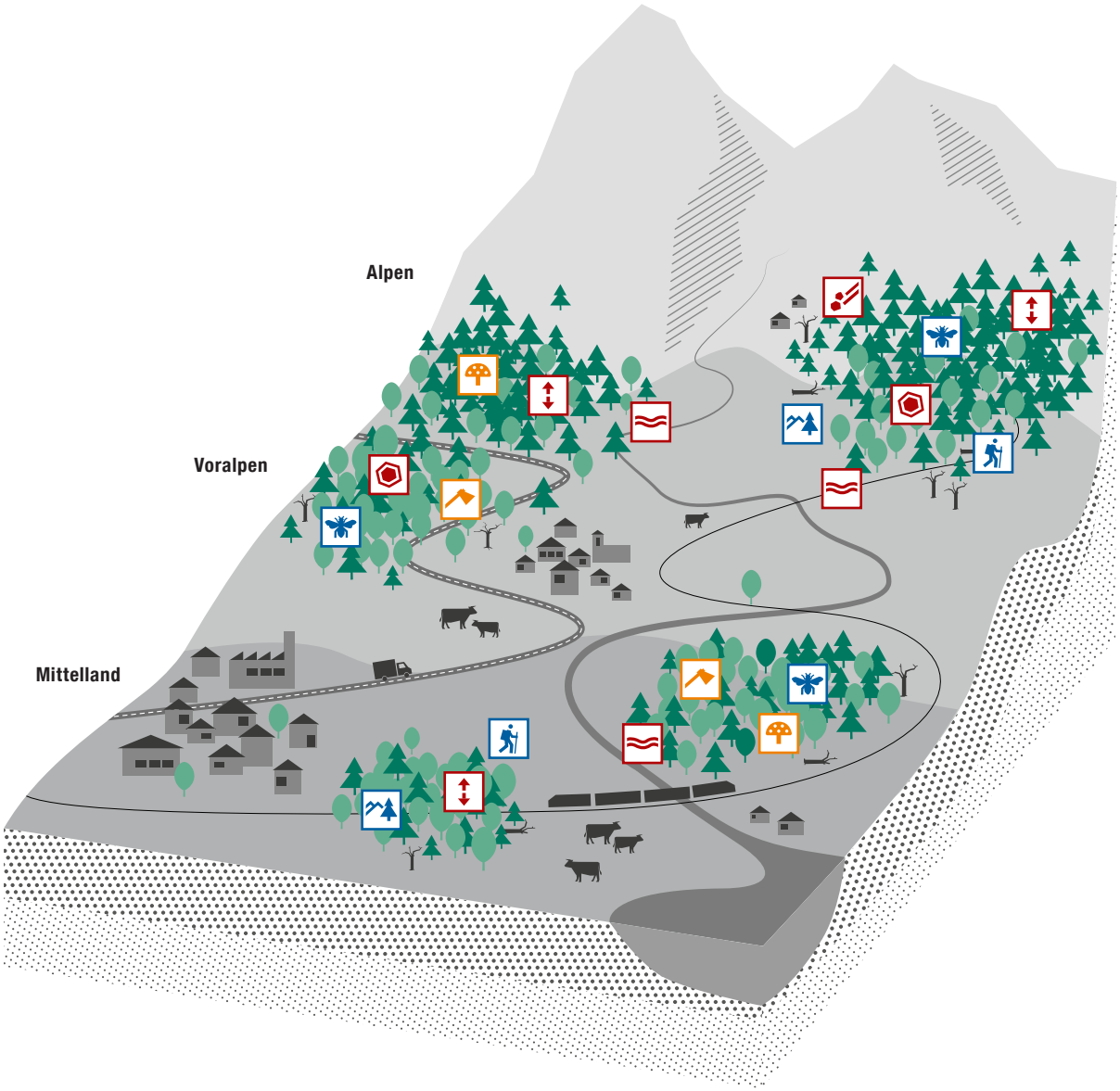
Die Schweizer Wälder sind vielfältig und stark strukturiert. Wichtige Gründe dafür sind einerseits das kleinflächig strukturierte Relief, die vielfältigen und geologisch verhältnismässig jungen Böden sowie die unterschiedlichen und auf kurze Distanz wechselnden klimatischen Bedingungen. Gefördert wird diese Vielfalt anderseits durch die vielerorts seit Jahrzehnten praktizierte naturnahe Waldbewirtschaftung, welche die Naturverjüngung begünstigt und sich durch unterschiedliche, meist kleinflächige forstliche Eingriffe auszeichnet. Dies fällt insbesondere in sonst natürlicherweise relativ gleichförmigen Wäldern ins Gewicht (z. B. Buchenwälder des Mittellandes). Der Schweizer Wald gilt daher insgesamt als anpassungsfähig und robust. Dies sind wichtige Voraussetzungen dafür, dass der Wald seine Leistungen (vgl. Grafik I) auch unter veränderten Klimabedingungen erbringen kann. Das Forschungsprogramm «Wald und Klimawandel» des BAFU und der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) untersucht noch bis 2016, welches die grössten klimatischen Risiken sind und welche waldbaulichen Massnahmen sich eignen, um die Anpassungsfähigkeit des Waldes aufrechtzuerhalten und zu verbessern.

Auftretende Störungs- und Schadenfälle sollten künftig auch dazu genutzt werden, die Baumartenzusammensetzung hinsichtlich der zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen. Dabei können gezielte Pflanzungen die Naturverjüngung ergänzen und die zukünftige Bestandesvielfalt und -stabilität erhöhen.

Bereits heute nimmt die Gefährdung des Waldes durch eingeschleppte Organismen zu. Diese können unsere Waldökosysteme schnell und unberechenbar verändern, wie die Beispiele des Kastanienrindenkrebses, der Ulmen- und der Eschenwelke sowie des Götterbaumes zeigen, die sich invasiv verhalten. Im Zuge des globalen Warenhandels erweisen sich die Hauptverkehrsachsen als Eintrittspforten und Ausbreitungskorridore für eingeschleppte Schädlinge. In Siedlungsgebieten angekommen, breiten sich diese von dort weiter aus. Kontrollen, Überwachung und Bekämpfungsmassnahmen müssen daher vermehrt an den Schnittstellen zwischen Wald, Verkehrsachsen, Siedlungsgebieten, städtischen Grünflächen und Landwirtschaft koordiniert werden. Ziel ist es, die Einschleppung neuer Organismen zu verhindern, etwa durch strenge Warenkontrollen und verbesserte Information der betroffenen Akteure (v. a. Importeure, Händler). Treten Befälle auf, sind diese schnell zu bekämpfen und einzudämmen. Dazu ist ein Krisenmanagement nötig, welches spezifisch für den jeweiligen Schadorganismus die wirksamsten und effizientesten Massnahmen umsetzt.

Grafik I > Waldleistungen

Im Waldbericht 2015 behandelte Waldleistungen. Die Waldfunktionen Schutzwirkung, Nutzung und Wohlfahrt nach Waldgesetz (WaG 1991) werden den international vereinbarten Waldleistungen nach Millennium Ecosystem Assessment (MEA 2005) zugeordnet. Modellhafte Gliederung der Schweizer Landschaften in Alpen, Voralpen und Mittelland, die sinngemäss auch auf den Jura und die Alpensüdseite anwendbar ist.



Schutzwirkung

- Schutz vor Naturgefahren, z. B. vor Lawinen, Steinschlag, Überschwemmungen
- Schutz des Grundwassers, Trinkwasserschutz
- Klimaregulation, CO_2-Speicherung, Nährstoffkreisläufe
- Bodenschutz, unter anderem Schutz vor Erosion

Nutzung

- Nutzung Ressource Holz
- Nichtholzprodukte, z. B. Wildbret, Pilze, Honig

Wohlfahrt

- Landschaftsästhetik
- Lebensraum, Biodiversität
- Erholung und Freizeit

Quellen: Illustration nach Waldgesetz und Millennium Ecosystem Assessment

Schutzwaldpflege als zentrale Aufgabe

Die Schweiz ist ein Gebirgsland: Alpen, Voralpen und Alpensüdseite bedecken knapp zwei Drittel der Landesfläche, und rund ein Viertel der Schweizer Bevölkerung lebt im Berggebiet. Dieses ist nicht nur Lebens- und Erholungsraum für Einheimische und Touristen, es ist auch Lebensraum für viele Tier- und Pflanzenarten und ein Biodiversitäts-Hotspot in Europa. Aus nationaler und europäischer Perspektive führen zudem wichtige Nord-Süd-Transportkorridore durch den Alpenraum.

Leben im Gebirgsraum bedeutet, täglich mit Naturgefahren umzugehen. Auch wenn es in unserer technisierten Welt kaum mehr wahrgenommen wird, so ist ein Leben im Gebirge nur dank des Schutzwaldes möglich. Knapp die Hälfte des Schweizer Waldes ist Schutzwald. Er schützt vor Naturgefahren wie Lawinen, Steinschlag, Murgängen oder Hochwasser – und oft gegen mehrere dieser Gefahren gleichzeitig. Diese Schutzleistung kann nur dann wirkungsvoll erbracht werden, wenn der Waldzustand und die Waldstruktur dafür geeignet sind. Konkret bedeutet dies, dass der Wald eine minimale Deckung und Bestandesdichte aufweisen muss. Voraussetzung dafür ist eine Waldpflege, die sich an Minimalstandards orientiert, die von Bund und Kantonen entwickelt wurden und im Waldgesetz verankert sind (Frehner et al. 2005).

Schutzwaldpflege erfolgt also nicht nach rein betriebswirtschaftlichen Kriterien, sondern hat zum Ziel, die Stabilität der Wälder zu erhöhen und langfristig zu erhalten. Solche Pflegeeingriffe sind meist teurer als eine Holznutzung im Flachland. Bei der Schutzwaldpflege werden jährlich rund 1,9 Millionen Kubikmeter Holz geerntet, was rund einem Viertel der gesamten Erntemenge entspricht. Die Kosten dafür können jedoch nicht allein über den Erlös der Holzernte gedeckt werden. Die für die Schutzwaldpflege verantwortlichen Waldbesitzer[2] sind deshalb auf eine finanzielle Abgeltung der erbrachten Leistungen durch die öffentliche Hand angewiesen. Dank der finanziellen Unterstützung von Bund, Kantonen und Gemeinden konnte seit 1993 rund die Hälfte der Schutzwälder gepflegt werden. Dies zeigte Wirkung, denn gemäss Landesforstinventar wurde der Schutzwald seither stabiler: Der Anteil der Schutzwaldfläche mit kritischer oder verminderter Stabilität nahm um 4 Prozent ab, beträgt heute aber noch immer 53 Prozent.

Die langfristige Erbringung der Schutzfunktionen setzt eine ausreichende Waldverjüngung voraus. Auf einem guten Drittel der Gesamtfläche ist der Schutzwald ungenügend verjüngt; dieser Anteil hat seit 1995[3] zugenommen. Die Baumartenzusammensetzung der Verjüngungsflächen ist wichtig, denn nur eine standortgerechte und vielfältige Baumverjüngung wird die Schutzwaldleistung langfristig sichern. Dieser Aspekt gewinnt angesichts des fortschreitenden Klimawandels an Bedeutung. In diesem Zusammenhang bereitet die gebietsweise zu hohe Belastung durch Schalenwild Sorge, denn das Wild verbeisst bevorzugt Baumarten, welche für die Stabilität der Bestände wichtig sind, beispielsweise Weisstanne, Ahorn oder Vogelbeere. Im Falle der besonders empfindlichen Weisstanne hat die Verbissintensität seit 1995 von 14 auf 20 Prozent zugenommen. Der Nachwuchs dieser im Schutzwald wichtigen Baumart ist daher gebietsweise gefährdet.

Der Trinkwasserschutz durch den Wald ist eine weitere wichtige Funktion des Waldes (vgl. Grafik I). In der Schweiz werden 80 Prozent des Trinkwassers aus Grundwasser gewonnen. Grundwasser aus Waldgebieten ist dabei besonders wertvoll, da dort die Nitrat- und Schadstoffkonzentrationen um ein Mehrfaches geringer sind als im Grundwasser in Landwirtschafts- oder Siedlungsgebieten. 12 Prozent der Schweizer Waldfläche befinden sich im Einzugsgebiet einer Trinkwasserfassung und 10 Prozent in einer Grundwasserschutzzone; im Jura liegen die entsprechenden Werte sogar bei 22 und 24 Prozent. Der naturnahe Waldbau trägt mit der Förderung einer natürlichen Baumartenmischung sowie einer kleinflächigen Bewirtschaftung ohne Einsatz von Dünger und Pflanzenschutzmitteln zur langfristigen Sicherung einer guten Trinkwasserqualität bei. Die zu hohen Stickstoffeinträge aus der Luft können jedoch in manchen Waldgebieten zu einer erhöhten Nitratauswaschung und damit zu einer Gefährdung der Trinkwasserqualität führen. Eine weitere Reduktion der Stickstoffimmissionen ist deshalb auch aus der Sicht des Trinkwasserschutzes notwendig.

Biodiversität als Chance

Die Biodiversität hat sich im Schweizer Wald – im Gegensatz zu anderen Lebensräumen – positiv entwickelt. Bereits mehr als die Hälfte der geplanten Sonder- und Naturwaldreservate ist eingerichtet und macht heute rund 5 Prozent der Waldfläche aus. Zudem bewirkte der naturnahe Waldbau, dass naturferne Fichtenbestände deutlich zurückgingen. Auch die Orkane «Vivian» und «Lothar» und die nachfolgenden Borkenkäferepidemien haben zum Rückgang beigetragen. 90 Prozent der Waldverjüngung sind natürlich. Gepflanzt wird nur noch lokal, um Schutzwälder zu stärken, die Artenvielfalt zu fördern oder um Wertholz zu produzieren.

Trotz dieser guten Entwicklung bestehen Defizite und Herausforderungen. In der Schweiz sind rund 40 Prozent aller Arten auf den Wald als Lebensraum angewiesen, und davon sind 9 Prozent (rund 2500 Arten) gefährdet. Im Tiefland sind alte Phasen der Waldentwicklung mit grossen, alten Bäumen und ausreichend Totholz sowie lichte Wälder und Auenwaldgebiete immer noch selten. Artengruppen, die von langen kontinuierlichen Waldentwicklungen und biologisch

alten Beständen abhängig sind, umfassen einen überdurchschnittlich hohen Anteil an gefährdeten Arten (z. B. Flechten, Moose). Ferner sind die vielerorts zunehmenden Wildbestände auch aus Sicht des Waldnaturschutzes problematisch, sofern sie die Naturverjüngung von seltenen und ökologisch wertvollen Baumarten gefährden. Diese Defizite lassen sich mit bestehenden Instrumenten mildern, indem der naturnahe Waldbau auf der ganzen Fläche konsequent umgesetzt und mit zusätzlichen Massnahmen wie Waldreservaten, Altholzinseln oder einer gezielten Lebensraum- und Artenförderung kombiniert wird.

Eine grosse genetische Vielfalt trägt nicht nur zur Erhaltung der Biodiversität bei, sondern unterstützt auch die natürliche Anpassungsfähigkeit des Waldökosystems. Dies gewinnt im Hinblick auf ein zukünftig wärmeres und trockeneres Klima an Bedeutung. Es gilt daher, die genetischen Ressourcen im Wald zu sichern und Provenienzen, die besonders gut an Trockenheit und Wärme angepasst sind, zu fördern. Wenn für die Verjüngung eines Waldbestandes Pflanzungen notwendig sind, sollte daher vermehrt die ökologische Eignung und nicht nur die regionale Herkunft beachtet werden.

Biodiversitätsförderung kann einen wichtigen Beitrag zur Anpassungsfähigkeit unserer Wälder gegenüber Störungen und Klimawandel leisten. Damit wird sie langfristig auch aus wirtschaftlicher Sicht wertvoll. Dazu kommt, dass der Waldbewirtschafter diese Leistung «verkaufen» kann. Die öffentliche Hand gilt einen Grossteil der entstehenden Kosten ab – etwa wenn seltene Arten im Wald gefördert werden –, da Waldbiodiversität eine Leistung im öffentlichen Interesse ist.

Mit dem Ziel, auch in einem trockeneren Klima stabile und angepasste Waldbestände zu erhalten, wird zurzeit auf nationaler und internationaler Ebene diskutiert, ob und wie die einheimische Baumartenpalette mit nicht einheimischen Arten erweitert werden soll. Deshalb werden im Forschungsprogramm «Wald und Klimawandel» von BAFU und WSL das Potenzial und die Grenzen von einheimischen und nicht einheimischen Baumarten hinsichtlich Klimawandel ermittelt.

Beim geplanten schrittweisen Ausstieg aus der Kernenergie im Rahmen der Energiestrategie 2050 werden erneuerbare Energiequellen und ressourceneffizientes Wirtschaften eine zentrale Rolle spielen. Dies kann zu einer Intensivierung der Holznutzung und zu einer Steigerung der Holzverwendung führen. Denn die vollständige Nutzung des nachwachsenden Rohstoffes Holz, der in der Schweiz lokal und nachhaltig produziert werden kann, hat viele Vorteile (vgl. unten *Spannungsfeld Waldwirtschaft*). Für die Biodiversität im Wald bedeutet dies, dass genügend Totholz und Altbäume zu erhalten und entsprechend zu fördern sind. Eine erhöhte Holznutzung könnte auch Synergien mit der Biodiversitätsförderung schaffen: Die verstärkten waldbaulichen Eingriffe bringen mehr Licht auf den Waldboden, was spezialisierte Tier- und Pflanzenarten begünstigt; auch traditionelle Bewirtschaftungsformen wie Mittel- oder Niederwald könnten wieder attraktiv werden.

Spannungsfeld Waldwirtschaft

Der Wald gehört rund 250 000 Waldbesitzern, 97 Prozent davon sind Privatwaldeigentümer mit durchschnittlich 1,4 Hektaren Wald. Die rund 3300 öffentlich-rechtlichen Waldbesitzer bewirtschaften gut zwei Drittel der Waldfläche, und ihre Waldflächen sind wesentlich grösser als diejenigen der privaten Waldeigentümer. Die Hälfte der öffentlich-rechtlichen Waldbesitzer verfügt nicht über eine Steuerhoheit (Bürgergemeinden und Korporationen).

Knapp 7000 Personen arbeiten in Forstbetrieben und -unternehmungen, vor allem im ländlichen und strukturschwachen Raum. Der klein strukturierte Waldbesitz und die ebenfalls relativ kleinflächig organisierte Bewirtschaftung erschweren oft eine effiziente Nutzung des Schweizer Waldes. Bei den Forstbetrieben findet daher eine Strukturbereinigung statt: Seit 2005 ist gemäss der Schweizerischen Forststatistik die Anzahl der Forstbetriebe um 20 Prozent zurückgegangen. Dies entspricht einer Abnahme von rund 590 Forstbetrieben, wovon rund die Hälfte kleiner als 50 Hektaren war. Diese Entwicklung dürfte sich fortsetzen, weshalb unter anderem die Zusammenarbeit der Waldeigentümer weiter verbessert werden muss, damit die Pflege des Waldes gewährleistet werden kann und der Wald auch in Zukunft seine vielfältigen Funktionen zu erfüllen vermag.

Die Forstbetriebe erwirtschafteten im Jahre 2011 knapp 400 Millionen Franken, was 0,06 Prozent der Bruttowertschöpfung (BWS) der Schweizer Gesamtwirtschaft entspricht. Nimmt man die Holz-, Zellstoff- und Papierindustrie mit 15 000 Betrieben und 90 000 Arbeitnehmenden dazu, erhöht sich der Anteil an der BWS auf 0,85 Prozent. Diese Wertschöpfung stellt aber nur einen Bruchteil der volkswirtschaftlichen Bedeutung des Waldes dar. Denn neben Holz erzeugen die Forstbetriebe eine Vielzahl von Waldleistungen von öffentlichem Interesse, wie Schutz vor Naturgefahren, Klimaschutz-, Biodiversitäts- und Bodenschutzleistungen (vgl. Grafik I). Zudem bietet der Wald wichtige Erholungsmöglichkeiten für Einwohner und Touristen. Seit die Neugestaltung des Finanzausgleichs und der Aufgabenteilung NFA zwischen Bund und Kantonen im Jahr 2008 eingeführt wurde, zahlt der Bund durchschnittlich rund 130 Millionen Franken Beiträge pro Jahr an den Wald. Diese Beiträge sind primär für die Erbringung von Waldleistungen von öffentlichem Interesse. Wenn auch die Zahlungen der Kantone dazugezählt werden, sind die staatlichen Beiträge im Bereich Wald rund 100 Millionen Franken höher, nämlich 230 Millionen Franken pro Jahr.

Die Waldleistungen für die Öffentlichkeit gewinnen zunehmend an Bedeutung, doch werden sie finanziell erst ungenügend in Wert gesetzt. Die Haupteinnahmen der Forstbetriebe stammen deshalb nach wie vor aus dem Holzverkauf. Diese Diskrepanz zwischen der tatsächlichen Leistungserbringung und der unvollständigen Abgeltung ist einer der Gründe dafür, dass bei den meisten Forstbetrieben die Ausgaben die Einnahmen übersteigen – und dies bereits seit den 1990er-Jahren.

Laut Landesforstinventar beträgt der Nettozuwachs seit 1995 durchschnittlich 8,1 Millionen Kubikmeter Holz. Genutzt werden aber gemäss gleicher Quelle nur 7,3 Millionen Kubikmeter, mit sinkender Tendenz seit 2006. Da im Vergleich dazu die gesamte Produktion von holzbasierten Rohstoffen in der Schweiz 2009 rund 9,9 Millionen Kubikmeter betrug, bedeutet dies, dass zu einem wesentlichen Teil importiertes Holz verwendet wird. Verbraucht werden in der Schweiz 9,6 Millionen Kubikmeter. Theoretisch könnte somit der Verbrauch von holzbasierten Rohstoffen nahezu durch inländische Holzproduktion gedeckt werden, was aus ressourcen- und umweltpolitischer Sicht wünschenswert wäre. Mengenmässig war die Aussenhandelsbilanz bezüglich Holz 2009 annähernd ausgeglichen, hingegen war sie wertmässig negativ, denn der Importwert überstieg den Exportwert bei Weitem. Die Gründe hierfür sind, dass grosse Mengen von wenig oder unverarbeitetem Holz die Schweiz verlassen, im Ausland verarbeitet und danach als Fertigprodukte wieder in die Schweiz importiert werden. Somit entgeht der Schweiz ein beträchtlicher Teil der Wertschöpfung.

Der Wald kann bei der Energiestrategie 2050 eine wichtige Rolle spielen, da er Holz – eine nachhaltig produzierte und erneuerbare Ressource – bereitstellt. Holz ist energetisch vielseitig in Form von Wärme, Strom und Treibstoff verwendbar. Heute werden jährlich schätzungsweise 2,0 bis 2,5 Millionen Kubikmeter Waldenergieholz in Form von Holzschnitzeln und Stückholz geerntet. Das Waldholz ist damit die wichtigste Ressource der energetischen Holznutzung. Alle energetisch genutzten Holzressourcen zusammen – also Waldholz, Flurholz, Industrieholz und Altholz – decken rund 4 Prozent des Energieverbrauchs. Dabei wird das Holz derzeit fast ausschliesslich zur Erzeugung von Wärme eingesetzt. Die Produktion von Waldenergieholz könnte auf mindestens 3,1 Millionen Kubikmeter erhöht werden. Die höhere Nutzung wäre nachhaltig, würde sich also nicht negativ auf den Wald und seine Funktionen auswirken. Zudem entspricht die höhere Nutzung der aktuellen Bundespolitik, insbesondere der Ressourcenpolitik Holz, der Waldpolitik 2020 und der Strategie Biodiversität Schweiz. Aus volkswirtschaftlicher Perspektive ist eine Nutzungsintensivierung sinnvoll, dabei sollte jedoch die Kaskadennutzung angestrebt werden. Das ist eine mehrfache stoffliche Nutzung des Holzes, beispielsweise zuerst als Bauholz, dann als Spanplatten, und erst abschliessend erfolgt eine energetische Nutzung. Durch die Ausschöpfung des nachhaltigen Holznutzungspotenzials und eine konsequente Kaskadennutzung lässt sich der Beitrag von Wald und Holz zur CO_2-Reduktion in der Atmosphäre maximieren. Wald und Holz können so einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

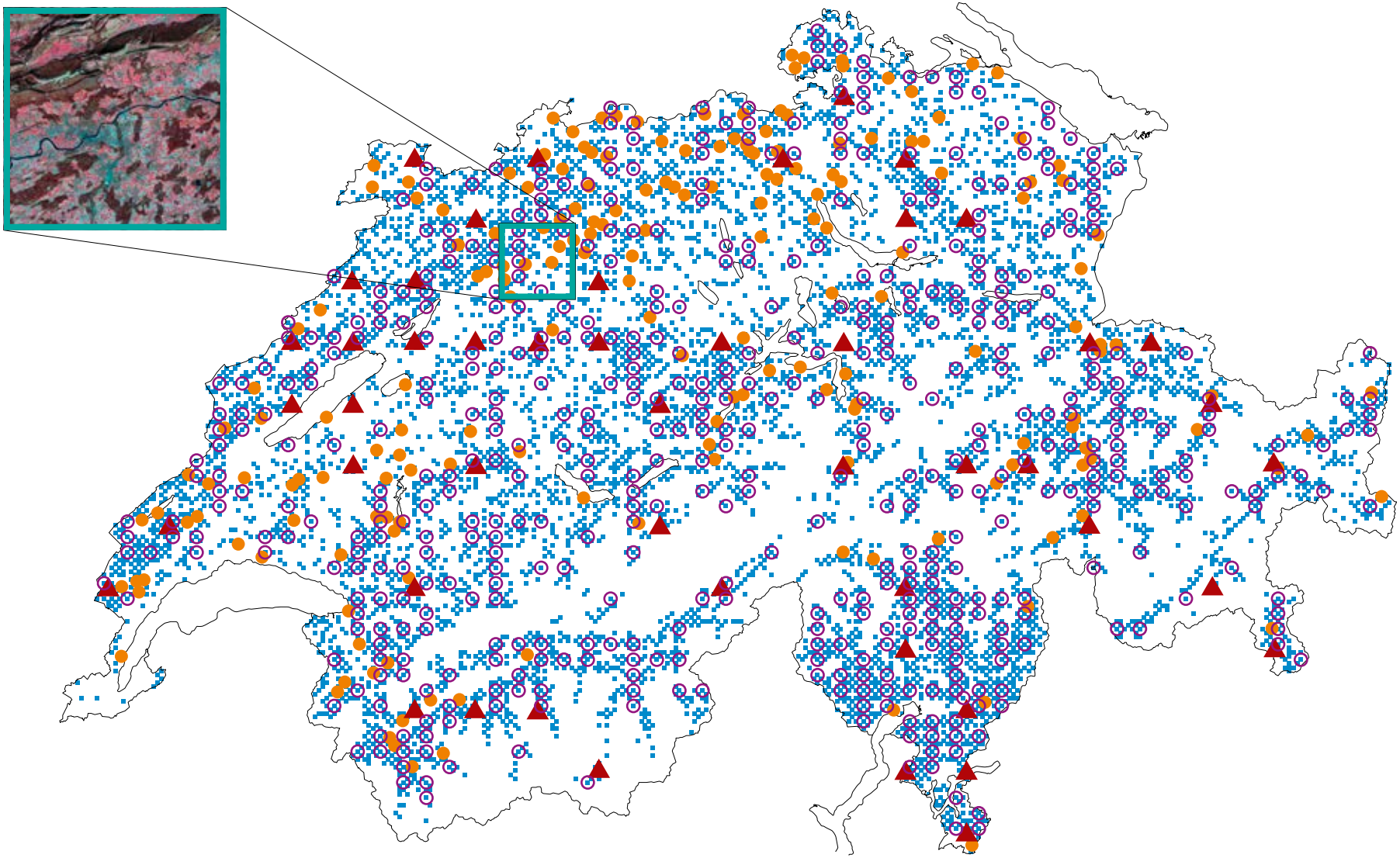
Der Schweizer Wald stellt nicht nur Holz, sondern auch eine Vielzahl weiterer Produkte mit einem geschätzten Wert von insgesamt rund 90 Millionen Franken pro Jahr bereit, beispielsweise Waldhonig, Wildfleisch, Pilze oder Christbäume. Diese sogenannten Nichtholzprodukte des Waldes spielen wirtschaftlich zwar eine untergeordnete Rolle, doch sind sie regional und für gewisse Waldleistungen wichtig. So trägt das Sammeln von Pilzen für viele Menschen zur Erholung im Wald bei. Ferner wird der Wald von Jung und Alt immer mehr als Schulzimmer entdeckt. Bezüglich Waldpädagogik besteht mittlerweile ein vielfältiges Lernangebot für Lehrpersonen. In Waldkrippen, -kindergärten, -schulen, Naturschutzzentren und Wildnispärken wird für alle Altersstufen der Wald als besonderer Lernort genutzt. Diese positive Entwicklung fördert das Verständnis für den Wald, die Waldwirtschaft und die vielfältigen erbrachten Waldleistungen.

Fazit: Wie geht es dem Wald?

Wie geht es also dem Schweizer Wald heute? Der vorliegende Waldbericht diskutiert eine Palette von Faktoren, die dem Wald zusetzen und seine nachhaltige Entwicklung gebietsweise infrage stellen können. Der Bericht macht klar, dass der Zustand des Waldes nie statisch ist, sondern sich laufend verändert und sich den Umweltbedingungen anpasst. Betrachten wir die Waldentwicklung seit 2005, dann beurteilen wir die Situation als ruhig und verhältnismässig stabil. Der letzte Wintersturm mit grossflächigen Waldschäden geht auf Ende 1999 zurück. Die Nadel- und Blattverluste schwanken zwar jährlich, nehmen aber im Grossen und Ganzen nicht zu. Die Stickstoffimmissionen liegen noch immer über den Grenzwerten, gehen jedoch kontinuierlich zurück. Die Spitzenkonzentrationen für Ozon sind gesunken, während die Durchschnittskonzentrationen tendenziell ansteigen. Die Borkenkäferpopulationen sind nach dem Jahrhundertrekord im Jahr 2003 mittlerweile wieder auf ein unkritisches Niveau gesunken, und auch der trockene Winter/Frühling 2011 hinterliess im Wald keine grossen Spuren. Ferner hat sich die Biodiversität im Wald positiv entwickelt. Eingeschleppte Organismen hingegen geben Grund zur Sorge: In einzelnen Regionen und für gewisse Baumarten haben sie bereits sichtbare Schäden und Ausfälle verursacht, so etwa die Ulmen- und die Eschenwelke oder der Kastanienrindenkrebs.

Grafik II > Datengrundlagen des Waldberichts 2015: Erhebungen über die ganze Schweiz

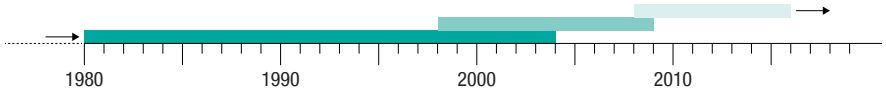
Die Datengrundlagen für den Waldbericht 2015 sind dank eines langjährigen Waldmonitorings einzigartig. Dieses setzt sich aus Untersuchungen zusammen, die unterschiedliche Ziele verfolgen und darum verschiedene Messmethoden anwenden. Die Karte zeigt Erhebungen, die mithilfe regelmässiger Stichproben in der ganzen Schweiz erfasst werden und flächendeckende Aussagen über den Wald erlauben. Die Erhebungen sind wenig intensiv, umfassen aber eine grosse Zahl von Aufnahmepunkten.



Fernerkundung

Swisstopo nimmt regelmässig und flächendeckend Luftbilder auf. Dies sind Landschaftsaufnahmen, die aus Flugzeugen erstellt werden. Die WSL interpretiert und wertet sie aus, um die Wald- und Landschaftsentwicklungen in der Schweiz zu erforschen.

- 1927–2003: schwarz-weisse Aufnahmen
- 1998–2008: farbige Aufnahmen
- Seit 2008: digitale und farbinfrarote Aufnahmen



Landesforstinventar LFI

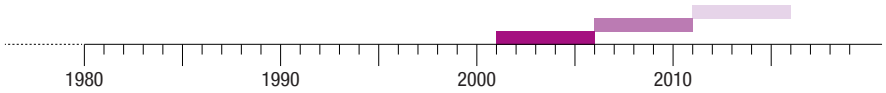
Auf rund 6500 Probeflächen in der ganzen Schweiz werden mit dem LFI der Zustand und die Veränderungen des Waldes regelmässig erfasst. Es basiert auf Luftbildauswertungen, auf Messungen und Beobachtungen im Wald und auf Umfragen beim Forstdienst.

- LFI 1: 1983/85; LFI 2: 1993/95 und LFI 3: 2004/06
- Seit 2009: LFI 4, kontinuierliche Erhebungen

Biodiversitäts-Monitoring Schweiz BDM

Das BDM überwacht die langfristige Entwicklung der Biodiversität in der Schweiz und hat zum Ziel, ein möglichst breites Spektrum der Biodiversität abzubilden. Die Daten zum Wald werden auf einer Stichprobe des LFI erhoben.

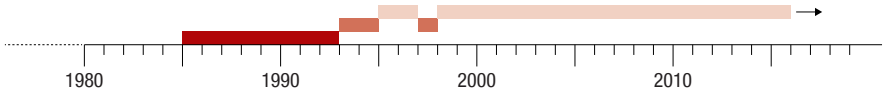
- 2001–2005: erste Erhebung
- 2006–2010: zweite Erhebung
- 2011–2015: dritte Erhebung



Sanasilva-Inventur

Mit der Sanasilva-Inventur wird der Gesundheitszustand der Bäume im Schweizer Wald erfasst. Sie ist Teil der Europäischen Waldzustandsinventur. Die wichtigsten, jährlich erhobenen Merkmale sind die Kronenverlichtung und die Sterberate.

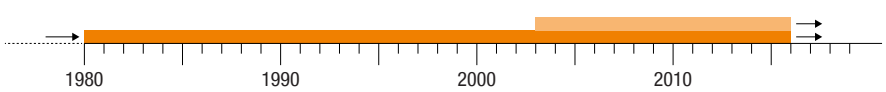
- 1985–1992: rund 8000 Bäume auf 700 Flächen im 4x4 km-Netz
- 1993, 1994 und 1997: rund 4000 Bäume auf 170 Flächen im 8x8 km-Netz
- 1995, 1996 und seit 1998: rund 1100 Bäume auf 49 Flächen im 16x16 km-Netz



Forststatistik und forstwirtschaftliches Testbetriebsnetz TBN

Die Forststatistik ist eine jährliche Vollerhebung aller Waldeigentümer mithilfe einer Umfrage über die Kantone. Erhoben werden hauptsächlich die Waldfläche, die Holznutzung und Pflanzungen. Das TBN untersucht eine Stichprobe von 200 Forstbetrieben. Das Ziel ist, die wirtschaftliche Situation abzubilden.

- Seit 1923: jährliche Forststatistik
- Seit 2004: forstwirtschaftliches Testbetriebsnetz TBN



Nicht auf Karte dargestellt:

Info Species: Verbund der Nationalen Arten-Datenzentren

Die Verbreitung und Vorkommen von Tieren, Pflanzen und Pilzen werden systematisch erfasst und dienen unter anderem als Grundlage für die Erarbeitung der Roten Listen der Schweiz.

- 1950–1959: Erhebungen zum historischen Brutvogelatlas
- 1967–1979: Erhebungen zum Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz
- Seit 1980: systematische Erhebungen verschiedener Organismengruppen

Waldmonitoring soziokulturell WaMos

Das Programm «Waldmonitoring soziokulturell» untersucht die Haltungen, Einstellungen und Verhaltensweisen der Schweizer Bevölkerung in Bezug auf den Wald. Dafür wird eine repräsentative Stichprobe von Haushalten ausgewählt, die dazu befragt werden.

- 1978: Vorläuferstudie Hertig
- 1997: WaMos 1
- 2010: WaMos 2

Arealstatistik

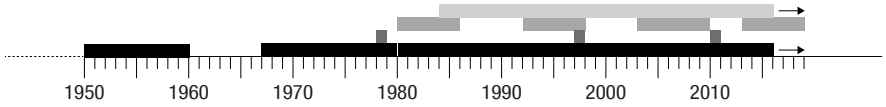
Die Arealstatistik erhebt auf einem Stichprobennetz von 100 m Maschenweite für 4,1 Millionen Punkte Informationen zur Bodennutzung und -bedeckung auf der Grundlage von Luftbildern von swisstopo. Das Bundesamt für Statistik stellt seine Geodaten für sämtliche Kunden bereit.

- AREA 1: 1979/85; AREA 2: 1992/97; AREA 3: 2004/09; AREA 4: 2013/18

Waldschutz Schweiz

Waldschutz Schweiz erhebt unter anderem zusammen mit den kantonalen Forstdiensten Beeinträchtigungen des Waldes. Erfasst werden abiotische Ereignisse wie Frostschäden sowie Organismen (z. B. Insekten, Pilze, Wild), welche einzelne Bäume und den Wald schädigen können.

- Seit 1984

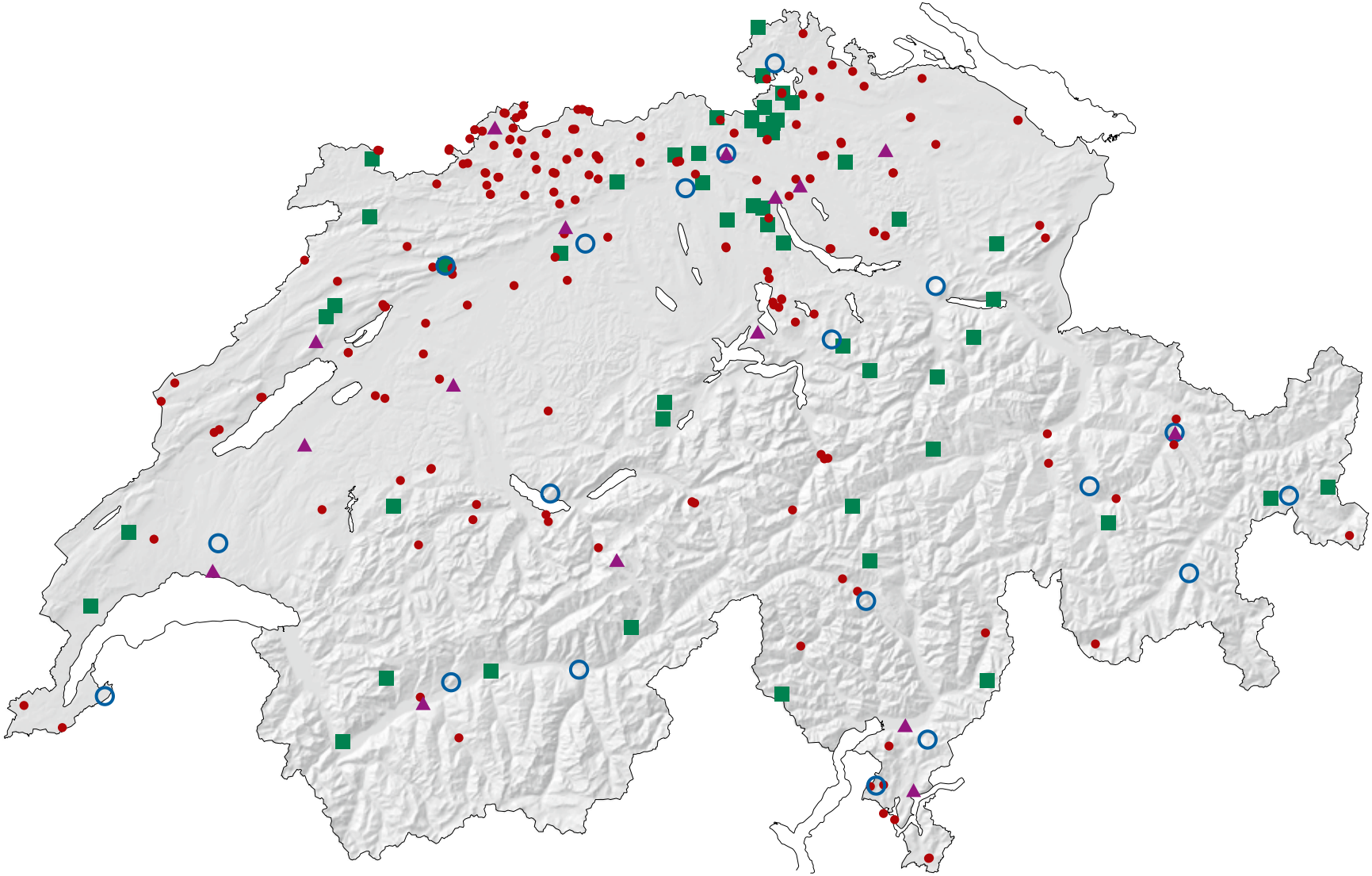


Feldbeobachtung oder -messung Umfrage

Kartengrundlagen: BFS GEOSTAT / Bundesamt für Landestopografie swisstopo; Daten: BFS: Forststatistik, TBN, Arealstatistik; WSL: Fernerkundung, LFI, Sanasilva, Info Species, WaMos, Waldschutz Schweiz; BDM

Grafik III > Datengrundlagen des Waldberichts 2015: intensive Erhebungen auf ausgewählten Flächen

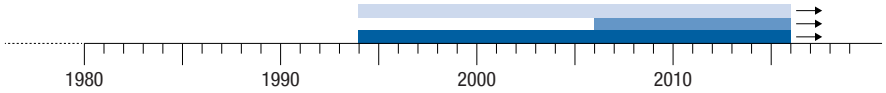
Das flächige Waldmonitoring wird ergänzt durch Fallstudien mit aufwendigen Messungen auf unterschiedlichen Zeitskalen – jährliche Erhebungen werden kombiniert mit Messungen im Sekundentakt. Sie dienen dazu, die Prozesse, Wechselwirkungen und Stoffflüsse im Wald und damit das gesamte Ökosystem Wald besser zu verstehen. Zusätzlich tragen zahlreiche Einzelstudien und Beobachtungen dazu bei, die Kenntnisse über den Wald und seine Entwicklung zu vertiefen.



Langfristige Waldökosystem-Forschung LWF

Im Programm LWF werden die Auswirkungen der Luftbelastung und der Klimaveränderungen auf den Wald untersucht. Auf 19 Untersuchungsflächen, die in das ICP-Forests Monitoringnetzwerk eingebunden sind, werden Daten erhoben, um die Wasser-, Nährstoff- und Kohlenstoffkreisläufe zu erfassen. 2 der 19 Flächen sind sogenannte Super sites, an denen die ETH mithilfe spezieller Messtürme den CO_2- und Wasserdampfaustausch zwischen Wald und Atmosphäre untersucht. Zusätzlich werden auf den LWF-Flächen Experimente durchgeführt.

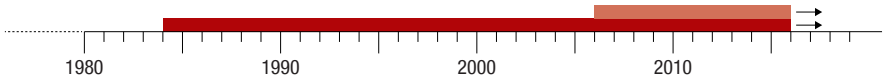
- Intensive Monitoringflächen: seit 1994 auf 17 Flächen
- Super sites: seit 2006 auf 2 Flächen
- Experimentelle Untersuchungsflächen: seit 1994 auf 2 Flächen



Walddauerbeobachtung einzelner Kantone

Seit 1984 wird in verschiedenen Kantonen der Zustand des Waldes aufgenommen und dokumentiert. Das Flächennetz ist von anfänglich 51 auf heute 179 Flächen angewachsen. Während zu Beginn der Fokus auf den Effekten von saurem Regen, Stickstoff und Ozon lag, wird heute auch der Einfluss des Klimawandels auf Wälder untersucht.

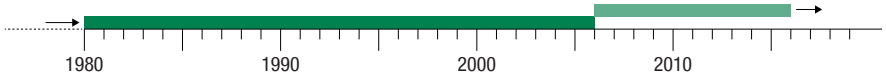
- Seit 1984: in den Kantonen AG, BE, BL, BS, SO, ZG und ZH
- Seit 2006: zusätzlich in den Kantonen FR und TG



Wirkungskontrolle Naturwaldreservate

Das Ziel der Wirkungskontrolle ist es zu untersuchen, wie sich der Wald in Naturwaldreservaten langfristig entwickelt und vom bewirtschafteten Wald unterscheidet. Sie dient dazu, die Wirkung der schweizerischen Reservatspolitik zu prüfen. Es ist ein Gemeinschaftsprojekt von WSL, ETH und BAFU. Mit Inventuren in Abständen von 10 bis 15 Jahren wird die Waldstruktur erfasst: die Bäume, die Waldverjüngung, das Totholz und besondere Habitatstrukturen, welche Lebensraum für Vögel, Insekten und Pilze bieten.

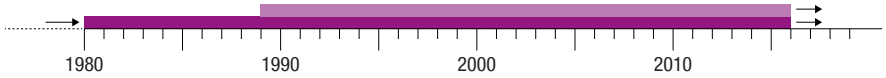
- Reservatsforschung der ETH von 1948–2005 in 37 Reservaten
- Reservatsforschung von WSL, ETH und BAFU seit 2006 in 49 Reservaten mit überarbeiteten Methoden



Das Nationale Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe NABEL

NABEL misst die Luftverschmutzung an 16 Standorten. Die Stationen sind über das ganze Land verteilt und messen die Belastung an typischen Standorten (z. B. Strassen im Stadtzentrum, Wohngebiet). Die Luftreinhalte-Verordnung (LRV) sieht vor, dass das BAFU die Luftverschmutzung erhebt. Das NABEL dient der Erfüllung dieser gesetzlichen Aufgabe: Es misst Leitschadstoffe von nationaler Bedeutung und Verbreitung (z. B. Stickstoffdioxid, Ozon) für welche in der LRV Immissionsgrenzwerte festgelegt sind.

- Seit 1979: Erhebungen an 8 Standorten
- Seit 1989: Erhebungen an 16 Standorten

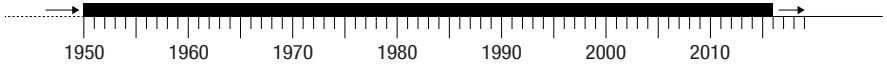


Nicht auf Karte dargestellt:

Info Species: Verbund der Arten-Datenzentren der Schweiz

Info Species dokumentiert die Verbreitung von Tieren, Pflanzen und Pilzen und stellt diese Daten für die Praxis, Forschung und interessierte Öffentlichkeit zur Verfügung. Das Ziel ist, die Umsetzung von Schutz und Förderung von Arten zu unterstützen. Die Datenzentren verwalten nicht nur die systematisch erfassten Daten, sondern auch Meldungen von ehrenamtlichen Mitarbeitenden, die über die Hälfte aller Daten ausmachen.

- Seit 1800: erfasste Belege in Datenzentren von Sammlungen in Museen



Feldbeobachtung oder -messung

Kartengrundlagen: BFS GEOSTAT / Bundesamt für Landestopografie swisstopo; Daten: WSL: LWF, Wirkungskontrolle Naturwaldreservate, Info Species; IAP: Walddauerbeobachtung einzelner Kantone; BAFU: NABEL

Wir beurteilen daher den Zustand des Schweizer Waldes insgesamt und momentan als verhältnismässig gut. Bleibt er auch in den nächsten 10 Jahren gut, oder beobachten wir zurzeit die Ruhe vor dem Sturm? Wir wissen es nicht, haben uns doch die Erfahrungen der letzten Jahrzehnte gelehrt, dass tief greifende Veränderungen plötzlich und grossflächig auftreten können. Unsere Umwelt wandelt sich schnell, und Prognosen für die Zukunft sind mit grossen Unsicherheiten verbunden, beispielsweise in Bezug auf den fortschreitenden Klimawandel und die vermehrt zu erwartenden invasiven Organismen, welche unsere Wälder schnell verändern können.

Folgerungen für die Wald- und Umweltpolitik

Der Bundesrat hat im Jahr 2011 mit der Waldpolitik 2020 Ziele und Strategien für eine nationale Waldpolitik formuliert. Es läge damit nahe, mit den Daten des Waldberichts 2015 zu prüfen, ob Bund, Kantone und Waldeigentümer mit dieser Politik richtig liegen. Der Waldbericht basiert jedoch grösstenteils auf Daten, die eine Zeitspanne umfassen, welche sich weiter zurückerstreckt als 2011. Deshalb ist eine Evaluation der nationalen Waldpolitik und der Wirksamkeit ihrer Massnahmen (noch) nicht möglich. Die neuen Erkenntnisse erlauben aber Folgerungen zur weiteren Ausrichtung und Umsetzung der Waldpolitik 2020 und zu anderen politischen Grundlagen des Bundes.

Die Rahmenbedingungen für den Wald und eine nachhaltige Waldbewirtschaftung ändern sich stark und schnell und sind kaum voraussehbar. Mit Blick in die Zukunft und den damit einhergehenden Unsicherheiten sowie schwer berechenbaren Risiken gewinnt das Prinzip der Risikoverteilung durch Vielfalt an Bedeutung. Für die Waldbewirtschaftung mit ihren langen Produktionszeiträumen bedeutet dies, stabile und artenreiche Waldbestände mit vielfältigen Waldstrukturen sowie hochwertigem Holz verschiedener Baumarten bereitzustellen. So wird eine Basis dafür geschaffen, dass bei einem möglichen Ausfall einzelner Baumarten der verbleibende Bestand die Waldleistungen erbringen kann, welche zukünftige Generationen benötigen.

Die gegenläufigen Entwicklungen der Waldfläche – die Zunahme in den Bergen und der Druck im intensiv genutzten Mittelland – führen zu Konflikten, die politisch gelöst werden müssen. Erste wichtige Schritte wurden bereits unternommen: Im Jahr 2012 wurde das Waldgesetz angepasst, um das Problem der wachsenden Waldfläche im Berggebiet anzugehen. Die neue Regelung ermöglicht, dass einwachsende Flächen nicht mehr als Wald gelten müssen und dadurch ohne Bewilligung gerodet werden können. Zudem ist die Agrarpolitik 2014–2017 stärker auf die Bewirtschaftung der Kulturlandschaft im Berggebiet ausgerichtet worden, was der Verwaldung entgegenwirkt.

Im intensiv genutzten Mittelland mit der unverändert hohen Nachfrage nach Bauland ist die Ausgestaltung der Raumordnungs- und Bodennutzungspolitik von zentraler Bedeutung. Damit unter anderem der Erholungsraum für die Bevölkerung erhalten und die Biodiversität auch in diesen dicht besiedelten Räumen gefördert werden kann, muss die Raumordnungspolitik darauf abzielen, die räumliche Verteilung des Waldes in Zukunft zu bewahren, wie dies der strenge Schutz der Waldfläche im Waldgesetz vorsieht.

Der Holzvorrat nahm seit 1995 – ausser im Mittelland – in den meisten Gebieten zu. Das Nutzungspotenzial wird demnach noch nicht ausgeschöpft. Genau dies ist aber ein Ziel der Waldpolitik 2020, damit von den Vorteilen der Ressource Holz profitiert und die Wertschöpfung in der Wald- und Holzwirtschaft der Schweiz verbessert werden kann. Dazu muss an mehreren Orten angesetzt werden: Die Leistungsfähigkeit der Schweizer Wald- und Holzwirtschaft und damit deren Betriebsstrukturen müssen weiter optimiert werden. Der Bund muss seine Aktivitäten im Bereich der Forschung und Innovation zu Holz und Holzprodukten weiterführen. Wichtig dabei ist, den Absatz von Laubholz zu verbessern, indem neue Verarbeitungs- und Vermarktungswege gefunden werden. Zudem ist die Nachfrage nach Schweizer Holz zu stärken, unter anderem durch Information der Bevölkerung, der Baubranche und von Institutionen wie Bund, Kantonen und Pensionskassen. Pensionskassen sind deshalb von Interesse, weil sie grosse Vermögen verwalten und dabei wesentliche Beträge in Immobilien investieren. Im Idealfall sind diese Immobilien teilweise oder ganz aus Holz. Hierzu sind die Beschaffungskriterien und Förderbedingungen von öffentlichen Bauten und Anlagen zu überprüfen, sodass vermehrt Schweizer Holz eingesetzt wird.

Die angestrebte Intensivierung der Holznutzung kann auf der konkreten Waldfläche zu Konflikten mit anderen Waldleistungen führen, beispielsweise mit der Biodiversitätsförderung oder der Erholungsnutzung. Anderseits gibt es auch gemeinsame Vorteile, zum Beispiel entstehen lichte Wälder mit einer hohen Artenvielfalt. Mit der integralen und partizipativen Waldplanung stehen Instrumente bereit, um Konflikte zu lösen, Synergien zu nutzen und Interessenabwägungen durchzuführen. Es liegt daher an den beteiligten lokalen Akteuren, sich konstruktiv in diese Prozesse einzubringen.

In den vergangenen Jahrzehnten sind die vom Menschen verursachten Einflüsse auf den Wald beträchtlich geblieben. Der Stickstoffeintrag aus der Luft ging zwar deutlich zurück, doch liegt er vielerorts nach wie vor über den Grenzwerten. Auch der Klimawandel beginnt dem Wald zuzusetzen. So geraten im Wallis bereits erste Baumarten wegen Trockenheit

unter Druck. Bei der Reduktion des Stickstoffeintrags sind primär die Landwirtschafts- und Verkehrspolitik gefordert. Ferner sind in einer 2014 ans Parlament überwiesenen Ergänzung des Waldgesetzes vorbeugende Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel vorgesehen.

Das Ziel der Waldpolitik 2020 ist es, die positive Entwicklung der Biodiversität im Wald fortzusetzen. Die im Wald lebenden Arten und der Wald als naturnahes Ökosystem sind deshalb zu erhalten. Gleichzeitig müssen die Defizite angegangen werden, beispielsweise indem gefährdete Arten oder alte Bäume und Totholz gefördert werden. Einerseits muss dazu die Waldbewirtschaftung weiterhin auf der gesamten bewirtschafteten Waldfläche nach den gesetzlichen Anforderungen des naturnahen Waldbaus erfolgen. Anderseits müssen die Ausscheidung der Waldreservate, der Schutz seltener Waldtypen sowie die Aufwertung artenreicher Wälder und anderer prioritärer Lebensräume wie Waldränder, Auenwälder oder Wytweiden vorangetrieben werden. Dazu hat der Bund die Vollzugshilfe «Biodiversität im Wald: Ziele und Massnahmen» publiziert (BAFU 2015). So können die Massnahmen regional differenziert und effizient umgesetzt werden.

Im Schutzwald bleibt es eine Herausforderung, die Leistung des Waldes zum Schutz der Menschen und ihrer Infrastruktur zu gewährleisten. Dazu müssen die finanziellen Ressourcen bereitgestellt werden, um die Verjüngung von Schutzwäldern zu verbessern. Die Probleme mit Wildverbiss, zum Beispiel bei der Weisstanne, sind durch einen konsequenten Vollzug der Wald- und Jagdgesetzgebung zu beheben. Eine verstärkte Anwesenheit von Grossraubtieren könnte in den nächsten Jahren zu einer Annäherung an das natürliche Gleichgewicht beitragen.

Die Waldbewirtschaftung ist zurzeit insgesamt ein defizitäres Geschäft. Verbesserungen müssen hier primär von den Waldeigentümern selbst angestrebt werden, etwa im Bereich der Strukturen oder der Ausweisung und Inwertsetzung erbrachter Leistungen. Aber auch die nationale Politik ist gefordert. Sie muss die Rahmenbedingungen in den gesetzlichen Grundlagen so formulieren, dass die Leistungen, welche die Waldeigentümer zugunsten der Allgemeinheit erbringen, richtig in Wert gesetzt werden können. Anzustreben ist dabei die Einbindung der direkten Nutzniesser auf allen politischen Ebenen. Dadurch sollen die Abhängigkeiten von einzelnen Finanzquellen und die damit verbundenen Gefahren reduziert werden. Ein aktuelles Beispiel dafür ist der Beitrag von Wald und Holz zum Klimaschutz durch die Einsparung von CO_2-Emissionen. Es braucht gemeinsame Anstrengungen, damit Waldeigentümer für diese Klimaschutzleistung in Zukunft entschädigt werden können.

Abschliessend lässt sich festhalten, dass die aktuellen Erkenntnisse zum Waldzustand die Strategien und Instrumente des Bundes bestätigen. Dazu gehören: die Waldpolitik 2020 (inkl. Ergänzung des Waldgesetzes), die Ressourcenpolitik Holz, die Strategie Biodiversität Schweiz, die Klimastrategie und die Nachhaltigkeitsstrategie. Es besteht daher kein Bedarf, diese grundsätzlich anzupassen. Hingegen sollen die in diesem Bericht gewonnenen Erkenntnisse bei der Priorisierung, Konkretisierung und Umsetzung der entsprechenden Massnahmen verwendet werden.

Konsequenzen für die Forschung

Die Situationsanalyse im Waldbericht 2015 zeigt, dass das Waldmonitoring in einer sich rasch ändernden Umwelt wichtig ist. Langfristige Beobachtungszeitreihen sind nämlich für die Früherkennung von Umweltveränderungen, die Analyse der zugrunde liegenden Ökosystemprozesse und die Erfolgskontrolle von Bewirtschaftungsmassnahmen unabdingbar. Um die Weichen für den Wald und die Waldbewirtschaftung der Zukunft zu stellen, sind zuverlässige, auf Modellrechnungen basierte Prognosen gefragt. Auch hier spielen langfristige Monitoringdaten eine wichtige Rolle, da nur mit ihrer Hilfe bestehende Modelle geeicht sowie die Prognosen verfeinert und vom Punkt auf die Fläche übertragen werden können (sogenanntes Upscaling). Die bestehenden Monitoringnetzwerke sind daher zu sichern.

Umweltwandel ist ein globales Phänomen; dementsprechend haben viele regionale Probleme einen globalen Hintergrund. Prozessanalysen können daher nicht an der Schweizer Grenze haltmachen, sondern müssen im internationalen Kontext eingebettet sein. Internationalen Netzwerken kommt dabei eine entscheidende Rolle zu, denn sie erleichtern und fördern den Austausch von Daten, Know-how, Resultaten und Lösungsansätzen. Hier kann sich die Schweiz einbringen und gleichzeitig vom Ausland profitieren. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse müssen, unter Berücksichtigung von nationalen und regionalen Besonderheiten, auf die Schweiz übertragen und nutzbar gemacht werden (sogenanntes Downscaling).

In den kommenden Jahren wird die Waldforschung ferner durch Themen wie Umwelt- und Klimawandel sowie Energiewende geprägt werden. Im Folgenden werden ausgewählte Forschungsthemen vorgestellt und diskutiert. Beim Umweltwandel gilt es unter anderem, die Effekte der Waldausdehnung im Gebirge und des zunehmenden Siedlungsdrucks im Mittelland auf die Waldleistungen zu untersuchen. Dabei steht neben dem Prozessverständnis die Analyse von Nutzungskonflikten im Vordergrund.

Zu den bedeutendsten zukünftigen Gefährdungen des Schweizer Waldes gehören die direkten und indirekten Folgen des Klimawandels. Der Einfluss der Klimaveränderung auf den Wald wird zurzeit im Forschungsprogramm «Wald und Klimawandel» von BAFU und WSL untersucht. Das

Programm wird viele drängende Fragen beantworten und entsprechende Wegleitungen für die Praxis zur Verfügung stellen. Ende 2016 wird es voraussichtlich abgeschlossen sein, und die Synthese wird zeigen, wo Forschungslücken bestehen bleiben. Bereits heute zeichnet sich ab, dass die Wirkung von Trockenheit auch auf den gut mit Wasser versorgten Standorten relevant, aber schwierig abzuschätzen ist. Ein wichtiges Forschungsfeld sind Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Einflussfaktoren, beispielsweise zwischen Trockenheit und Stickstoff sowie Ozon oder zwischen Trockenheit und Schadinsekten sowie Krankheiten. Zudem müssen die Möglichkeiten und Grenzen von Bewirtschaftungsmassnahmen, welche die Anpassungsfähigkeit unserer Wälder gegenüber Klimawandel und Schadinsekten verbessern, vertieft untersucht werden.

Im Schutzwald ist vordringlich zu bestimmen, wie sich der Klimawandel, die Extensivierung der Berglandwirtschaft und die gebietsweise überhöhten Bestände an Schalenwild auf die Schutzleistungen des Gebirgswaldes auswirken. Dabei sind die positiven Auswirkungen der Schutzwaldpflege auf verschiedene Waldleistungen zu beziffern und die waldbaulichen Eingriffe weiter zu optimieren.

Während sich die Biodiversitätsforschung in der Vergangenheit auf den generellen Zustand im Wald konzentrierte, heisst es, in Zukunft vermehrt auf funktionale Aspekte, seltene Arten und Erfolgskontrollen zu fokussieren. Dabei geht es einerseits um die Biodiversität an sich, anderseits aber auch um die Wirkungen von Biodiversität und beispielsweise seltenen Baumarten auf die verschiedenen Waldleistungen sowie auf die Produktivität (z. B. Holz), Stabilität (z. B. Naturgefahren) und Attraktivität (z. B. Erholung) verschiedener Waldtypen.

Im Bereich der Waldwirtschaft sind Grundlagen zu erarbeiten, um die Effizienz der Bewirtschaftung zu verbessern und die Quantifizierung der für die Öffentlichkeit erbrachten Leistungen voranzutreiben und diese sichtbar zu machen. Die Energiewende und neue technologische Entwicklungen zur Holzverwendung könnten für die Forstbetriebe eine grosse Chance sein. Dabei gilt es, die zunehmende Nachfrage nach der erneuerbaren Ressource Holz mit den übrigen Waldleistungen in Einklang zu bringen. Die Ansprüche an den Wald nehmen weiter zu und somit auch der Abstimmungsbedarf. Für die Zukunft sind deshalb wissenschaftlich fundierte Grundlagen, Szenarien und Konzepte gefragt, um im Rahmen der integralen Waldplanung die Bereitstellung verschiedener Waldleistungen zu optimieren und Synergien zu nutzen, damit den zukünftigen Bedürfnissen der Bevölkerung an den Wald entsprochen werden kann.

1 Der Vergleich mit dem Waldbericht 2005 berücksichtigt je nach Datenquelle unterschiedliche Zeitfenster, die im Text angegeben sind.

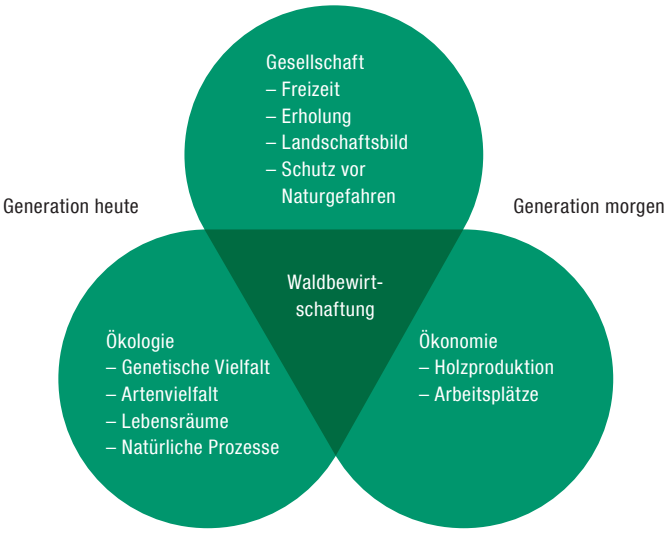
2 Im Waldbericht 2015 wird auf die weibliche Form von Waldeigentümer und Waldbesitzer verzichtet, weil die Begriffe sowohl eigenständige Einheiten wie Kantone, Gemeinden oder Korporationen als auch Private umfassen.

3 Entwicklung seit dem Erscheinen des Waldberichts 2005. Dieser bezog sich auf Daten des LFI 1993/95.

> Einleitung zu den europäischen Indikatoren von Forest Europe

Hans Peter Schaffer

Der vorliegende Waldbericht 2015 untersucht, wie sich der Zustand des Schweizer Waldes seit dem Erscheinen des letzten Waldberichts im Jahr 2005 entwickelt hat. Beide Waldberichte basieren auf den Indikatoren von Forest Europe (Forest Europe et al. 2011). Ihre Resultate sind deshalb direkt vergleichbar und können mit denen der internationalen Berichterstattung verglichen werden. Die Ergebnisse der Indikatormessungen ermöglichen eine Beurteilung, ob der Schweizer Wald nachhaltig genutzt wird. Voraussetzung dafür sind langjährige Datenreihen zum Zustand des Ökosystems Wald. Diese stammen aus dem umfassenden Waldmonitoring, das seit den 1980er-Jahren durchgeführt wird (vgl. Grafiken II und III). Im Weiteren müssen langfristige Ziele definiert werden. Diese hat der Bund in der Waldpolitik 2020 festgesetzt (BAFU 2013c).



Grafik IV *Das Konzept der Nachhaltigkeit wird mit den Dimensionen Gesellschaft, Ökonomie und Ökologie dargestellt. Quelle: BAFU 2013c*

Nachhaltig genutzter Wald

Die Versorgung der Menschen mit genügend Nahrung und weiteren lebensnotwendigen Gütern ist eine Thematik, die sich weit zurückverfolgen lässt (Sedlacek 2012). Hans Carl von Carlowitz beschrieb vor 300 Jahren in seiner «Sylvicultura oeconomica» (Sächsische Carlowitz-Gesellschaft 2013) ein Vorgehen, wie die Wälder nachhaltig bewirtschaftet und die Ressource Holz langfristig erhalten werden können. Er befasste sich bereits damals mit der Verknappung des Rohstoffes Holz. In jener Zeit reifte die Einsicht, dass die Erneuerung einer Ressource zum Mass ihrer Nutzung gemacht werden sollte. Auf die Waldbewirtschaftung übertragen bedeutet dies: Die Holznutzung darf längerfristig nicht grösser sein als der Zuwachs. Zur Zeit von Hans Carl von Carlowitz wurde der Wald über längere Zeit übernutzt, deshalb forderte er die Bildung von Reserven. Dafür wurde – zugunsten späterer Nutzungen und kommender Generationen – auf Holzschläge verzichtet, wo dies notwendig war.

Aufgrund der Überlegungen zu einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung wurde das Konzept der Nachhaltigkeit entwickelt. Die Brundtland-Kommission der UN definierte 1987 in ihrem Bericht die Nachhaltigkeit als eine Entwicklung, «die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen». Eine solche Entwicklung setzte ein Zusammenwirken von Gesellschaft, Ökonomie und Ökologie voraus und führte zu einem Konzept, das aus diesen drei Dimensionen besteht. Das Konzept der Nachhaltigkeit wurde am Erdgipfel von Rio de Janeiro 1992 erstmals vorgestellt und vom Schweizerischen Bundesrat übernommen. Grafik IV zeigt, wie dieses Konzept von der Waldpolitik des Bundes (BAFU 2013c) auf die Waldbewirtschaftung angewendet wird.

Nachhaltigkeitskontrolle im Wald

Eine nachhaltige Waldbewirtschaftung zielt darauf ab, die einheimischen Waldökosysteme langfristig zu erhalten sowie die heutigen und zukünftigen Ansprüche der Bevölkerung an den Wald zu befriedigen. Das schweizerische Waldgesetz (WaG 1991) enthält – als Rahmenbedingung – die Erkenntnis,

Tab. I

Beschreibung der 13 Basisindikatoren (Bernasconi et al. 2014) mit ihrem Bezug zu den Indikatoren von Forest Europe (Forest Europe et al. 2011) sowie entsprechende Kapitel im Waldbericht 2015.

	Basisindikatoren von Bund und Kantonen	Indikatoren nach Forest Europe und entsprechende Kapitel im Waldbericht 2015
1	**Waldfläche:** Gesamtheit aller Flächen, die auf Bundesebene und in den Kantonen aufgrund eigener Festlegungen als Wald erfasst sind.	1.1 Waldfläche
2	**Holzvorrat:** Schaftholzvolumen in Rinde aller lebenden Bäume und Sträucher auf der Waldfläche.	1.2 Holzvorrat
3	**Waldaufbau:** Verteilung der Waldfläche nach Entwicklungsstufen und/oder Durchmesserklassen.	1.3 Altersaufbau und Bestandesstruktur
4	**Waldschäden:** Ausmass der Waldschäden unterteilt nach den wichtigsten Schadensarten oder Schadensgruppen sowie nach dem Jahr oder der Periode der Schadenentstehung.	2. Gesundheit und Vitalität (2.1 bis 2.4)
5	**Verhältnis Holznutzung/Nettozuwachs:** Verhältnis zwischen der Holznutzung und dem Nettozuwachs (Schaftholzvolumen in Rinde) über bestimmte Zeitabschnitte bezogen auf die Gesamtwaldfläche.	3.1 Holznutzung und Zuwachs
6	**Baumartenzusammensetzung:** Flächenanteil aller Hauptbaumarten gemessen an den lebenden Bäumen.	4.1 Artenvielfalt
7	**Naturnähe der Baumartenzusammensetzung:** Waldfläche nach Naturnähe der Baumartenzusammensetzung beurteilt anhand des Nadelholzanteils.	4.3 Naturnähe
8	**Totholz:** Volumen an stehendem und liegendem Totholz auf der Waldfläche.	4.5 Totholz
9	**Behandelte Schutzwaldfläche:** Anteile der ausgeschiedenen und der behandelten Schutzwaldfläche, nach Jahr des letzten Eingriffes und nach Art der Naturgefahr.	5.2 Schutz vor Naturgefahren
10	**Schutzwirkung des Schutzwaldes:** Flächenanteil der Schutzwälder, welche die minimalen Anforderungsprofile für Nachhaltigkeit im Schutzwald NaiS (Frehner et al. 2005) erfüllen.	5.2 Schutz vor Naturgefahren
11	**Ergebnis der Waldbewirtschaftung:** Gesamte Erlöse in der Waldbewirtschaftung minus gesamte Kosten nach Möglichkeit differenziert nach Vorrangfunktionen.	6.3 Wirtschaftliche Lage der Forstbetriebe
12	**Ergebnis der Holzernte:** Gesamte Erlöse aus der Holzernte minus gesamte Kosten der Holzernte bezogen auf die «produktive Waldfläche».	3.2 Rundholz
13	**Erholung im Wald:** Die Häufigkeit der Waldbesuche ist neben der Zufriedenheit der Erholungssuchenden oder der Besucherfrequenz eine von mehreren Möglichkeiten zur Beschreibung der Erholung im Wald.	6.10 Erholung im Wald

dass nicht der Bedarf und damit die Nachfrage allein massgebend sind, sondern die langfristige Bereitstellung der von der Gesellschaft geforderten Waldleistungen:

> Der Wald soll in seiner Fläche und in seiner räumlichen Verteilung erhalten bleiben.
> Er soll als naturnahe Lebensgemeinschaft geschützt werden.
> Er soll seine Funktionen, namentlich seine Schutz-, Wohlfahrts- und Nutzfunktion, erfüllen können.

Eine Nachhaltigkeitskontrolle benötigt Ziele und Indikatoren zur Messung der Zielerreichung. Die Ziele auf nationaler Ebene hat der Bund mit der Waldpolitik 2020 festgelegt. Deren Umsetzung und Erreichung sollen über eine Wirkungskontrolle überprüft werden. Dafür sind Messgrössen, sogenannte Indikatoren, nötig. Die dazugehörenden Daten müssen möglichst einfach gemessen werden können und reproduzierbar sein. Mithilfe von Indikatoren können Zustände und Veränderungen von Ökosystemen über eine lange Zeit und in einer sich schnell verändernden Umwelt erfasst werden (Schaffer 2010). Indikatoren beschreiben jedoch lediglich einen Teil der Wirklichkeit und erfassen somit nur einzelne Aspekte von Waldökosystemen. Diese zeichnen sich durch komplexe Beziehungsgefüge aus. Deshalb ist es generell schwierig, aussagekräftige Indikatoren auszuwählen. Es braucht ein ganzes Set von Indikatoren, um den Wald möglichst als gesamtes Ökosystem zu erfassen und Veränderungen festzustellen.

Verwendete Kriterien und Indikatoren

Der Waldbericht 2015 stützt sich auf die Indikatoren von Forest Europe (Forest Europe et al. 2011) ab. Das Set besteht aus 6 sogenannten Kriterien und insgesamt 35 Indikatoren. Die 6 Kriterien werden in den folgenden Kapiteln vorgestellt und beschrieben:

1. Ressourcen
2. Gesundheit und Vitalität
3. Nutzung
4. Biodiversität
5. Schutzwald
6. Sozioökonomie

Jedes Kriterium und die dazugehörenden Indikatoren werden in einem eigenen Kapitel behandelt, das mit einer Zusammenfassung beginnt und anschliessend die einzelnen Indikatoren beschreibt. Mit den zu den Indikatoren erhobenen Daten werden verschiedene Grössen aus unterschiedlichen Blickwinkeln mit diversen Erhebungsmethoden erfasst (Grafiken II und III). Dies hat zur Folge, dass die Resultate – abhängig von der verwendeten Datengrundlage – nicht immer deckungsgleich sind und dass dadurch Unschärfen entstehen können. So basiert beispielsweise die Forststatistik auf Umfragen bei allen Forstbetrieben der Schweiz. Sie macht Aussagen über die wirtschaftliche Lage der Forstbetriebe und den wirtschaftlichen Kreislauf des Holzes. Im Landesforstinventar LFI hingegen werden Luftbilder ausgewertet und Daten im Wald erhoben, etwa indem Fachleute Bäume ausmessen und deren Volumen erfassen. Diese Daten werden mit Umfragen bei den kantonalen Forstdiensten ergänzt. Beide Erhebungen machen Aussagen zur Holznutzung (Kap. 3), aber aus unterschiedlicher Perspektive. Sie sind daher nicht direkt miteinander vergleichbar. Die verwendeten Datenquellen werden deshalb im vorliegenden Bericht immer ausgewiesen.

Basisindikatoren von Bund und Kantonen

Basierend auf dem hier verwendeten internationalen Indikatorenset von Forest Europe haben Bund und Kantone ein Set von 13 Indikatoren entwickelt mit dem Ziel, auf nationaler Ebene eine vergleichbare Nachhaltigkeitsberichterstattung zu gewährleisten (Rosset et al. 2012). Dabei handelt es sich um ein minimales Indikatorenset, das sich von den Kantonen nach den eigenen Bedürfnissen ergänzen lässt. Diese Indikatoren werden Basisindikatoren genannt. Tabelle I zeigt den Bezug zwischen diesen 13 Basisindikatoren und den Indikatoren von Forest Europe.

1 Ressourcen

Urs-Beat Brändli, Bruno Röösli

Der Schweizer Wald bedeckt knapp ein Drittel der Landesfläche. Die Waldfläche nimmt im Alpenraum seit 150 Jahren zu, allein seit dem Waldbericht 2005 um 7 Prozent. Die Bestände sind vielerorts dichter geworden. Auch der Holzvorrat hat um weitere 3 Prozent zugenommen, wenn auch nicht mehr so stark wie in der Vorperiode. Im Mittelland hat der Vorrat sogar abgenommen, hauptsächlich bei der Fichte um fast ein Drittel. Mit der Zunahme des Vorrates ist auch die CO_2-Senkenleistung des Waldes gestiegen.

Zusammenfassung

Die Schweizer Waldfläche bleibt im Mittelland konstant und nimmt im Alpenraum zu. Vor über 200 Jahren war das ganz anders: Abholzungen dezimierten den Wald, und in der Folge entstanden grosse Überschwemmungen. 1876 wurde ein erstes nationales Gesetz erlassen, das den Wald vor Rodung und Übernutzung schützt. Seither breitet er sich aus: zu Beginn durch Aufforstungen, in den letzten Jahrzehnten fast nur noch natürlich, indem der Wald in nicht mehr genutzte Alpweiden einwächst. Eine Ausdehnung des Waldes ist jedoch nicht in jedem Fall erwünscht. Deshalb wurde das bestehende Waldgesetz revidiert: Seit Juli 2013 können die Kantone sogenannte statische Waldgrenzen gegenüber dem Offenland festlegen, ausserhalb derer neu entstandene Bestockungen ohne Rodungsbewilligung beseitigt werden dürfen.

Vielfalt zeichnet den Schweizer Wald aus: Nadelwälder machen 43 Prozent der Waldfläche aus, Laubwälder 25 Prozent und Mischwälder 32 Prozent. Seit 1995[1] hat der Anteil an Nadelwäldern und Mischwäldern zugunsten der Laubwälder um je 3 Prozent abgenommen.

Zahlreich sind die Funktionen des Waldes: Heute dient fast die Hälfte der Waldfläche als Schutzwald, und auf rund einem Drittel der Waldfläche hat die Holzproduktion Vorrang. Natur- und Landschaftsschutz sowie Erholung sind weitere wichtige Waldfunktionen und haben auf rund einem Sechstel der Waldfläche Vorrang.

Der Holzvorrat wächst, vor allem in den Alpen und auf der Alpensüdseite. Dabei gibt es grosse Unterschiede zwischen den Regionen und den Waldtypen. Im Mittelland nahm der Vorrat an Nadelholz ab. Der Vorrat an Laubholz hingegen ist in allen Regionen gewachsen. Im Vergleich mit anderen europäischen Ländern gibt es im Schweizer Wald sehr viel Holz: Pro Hektare Waldfläche sind es 350 Kubikmeter. Ein erheblicher Teil des Holzvorrates steht in steilem und schlecht erschlossenem Gelände, wo die Holznutzung nicht rentabel ist. Zudem sind viele Bestände für die Holznutzung überaltert und bestehen aus dicken Bäumen, die derzeit auf dem Markt wenig gefragt sind. Aus ökologischer Sicht hingegen ist der Schweizer Wald relativ jung, denn kaum ein Baum erreicht seine natürliche Lebenserwartung. Eine Zunahme an alten Bäumen ist in dieser Hinsicht deshalb erwünscht.

Dank des stetigen Wachstums bindet der Wald auch immer mehr Kohlenstoff. Der Wald kann aber nur einen kleinen Teil des CO_2-Ausstosses von Industrie, Verkehr und Privathaushalten auffangen. Dennoch entspricht die Senkenleistung des Waldes rund 40 Prozent der CO_2-Reduktion, zu der sich die Schweiz verpflichtet hat. Der volkswirtschaftliche Wert dieser Waldleistung beträgt jährlich mehrere Millionen Franken. Es ist nachvollziehbar, dass seitens der Waldeigentümer eine Entschädigung für die Senkenleistung des Waldes gefordert wird.

[1] Entwicklung seit dem Erscheinen des Waldberichts 2005. Dieser bezog sich auf Daten des LFI 1993/95.

1.1 Waldfläche

Bruno Röösli, Fabrizio Cioldi, Paolo Camin

> *Der Schweizer Wald erfüllt viele Aufgaben: Zu den wichtigsten gehören – bezogen auf die jeweiligen Flächen – der Schutz vor Naturgefahren, die Holzproduktion sowie der Biodiversitäts- und Landschaftsschutz.*

> *Rund ein Drittel der Landesfläche ist von Wald bewachsen. Die regionalen Unterschiede zwischen dem Mittelland und der Alpensüdseite sind gross.*

> *Im Vergleich zum Jahr 1995 hat die Waldfläche insgesamt um 7 Prozent auf 1,31 Millionen Hektaren zugenommen. Der Wald dehnt sich vor allem in Alpenregionen aus, in denen die landwirtschaftliche Nutzung zurückgeht.*

> *Die Kantone können neu sogenannte statische Waldgrenzen ausscheiden, um die Waldausdehnung dort zu verhindern, wo sie nicht erwünscht ist.*

> *Reine Nadelwälder machen mit 43 Prozent den grössten Anteil der Waldfläche aus. Seit dem Waldbericht 2005 haben die reinen Laubwälder zugenommen und bedecken heute 25 Prozent der Waldfläche.*

Waldfunktionen

Die Ansprüche an den Schweizer Wald sind vielfältig: Der Wald soll Holz liefern, möglichst viel Kohlendioxid (CO_2) speichern, vor Lawinen und Steinschlag schützen, für reines Trinkwasser sorgen, Pflanzen und Tieren als Lebensraum dienen oder der Bevölkerung als Erholungsraum zur (freien) Verfügung stehen. Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, scheiden die meisten Kantone im Rahmen der Waldplanung Waldfunktionen aus und legen Vorrangfunktionen fest. Über die ganze Schweiz betrachtet dienen – abhängig von der Definition der Waldfläche und der Erfassungsmethode – zwischen 42 und 49 Prozent der Waldfläche[1] dem Schutz vor Naturgefahren (Kap. 5.2). Die Holzproduktion hat auf 32 Prozent der Waldfläche Vorrang, der Natur- und Landschaftsschutz auf 12 Prozent und die Erholung auf 1 Prozent (Brändli et al. 2015). Die Erholungsnutzung ist grundsätzlich auf der ganzen Waldfläche möglich, sie hat aber nur auf wenigen Flächen Vorrang gegenüber anderen Funktionen. Holz kann ebenfalls vielerorts genutzt werden ausser in Waldreservaten, in denen auf eine Nutzung verzichtet wird (Kap. 4.9).

Bewaldung und Waldnutzung

Gemäss Landesforstinventar LFI 2009/13 bedeckt der Wald heute knapp ein Drittel der Landesfläche. Dabei gibt es grosse regionale Unterschiede: Während im Mittelland bloss ein Viertel der Fläche bewaldet ist, bedecken Wälder auf der Alpensüdseite rund die Hälfte der Fläche.

Der gesamte Schweizer Wald ist für die Bevölkerung im ortsüblichen Umfang frei zugänglich und betretbar. Ausnahmen bilden einzelne Schutzgebiete und militärische Anlagen. Im Allgemeinen bestehen für die Waldeigentümer keine rechtlichen Einschränkungen bei der Waldbewirtschaftung; so gibt es etwa keine Verbote. Übergeordnete Vorgaben gelten beispielsweise im Bereich von Gewässerschutzzonen. Verzichten Waldeigentümer auf eine Holznutzung, zum Beispiel in Waldreservaten, tun sie das freiwillig. In der Regel schliessen

Abb. 1.1.1 *Die Waldfläche steht nicht nur im Mittelland, sondern auch in alpinen Tourismuszentren wie Davos (GR) unter Druck. Foto: Ulrich Wasem*

sie eine Vereinbarung mit dem Kanton ab und werden dafür von diesem und dem Bund entschädigt (Kap. 4.9).

Entwicklung der Waldfläche

Der Grossteil der Bevölkerung wohnt im Mittelland. Dort werden unverbaute Flächen, insbesondere Grünflächen, knapper, weil sich die Siedlungen und die Infrastrukturflächen ausdehnen (Abb. 1.1.1). Trotzdem bleibt die Waldfläche im Mittelland und auch in grossen Teilen des Juras seit Jahrzehnten konstant (Abb. 1.1.2). Das war nicht immer so. Bis ins 19. Jahrhundert wurde in der Schweiz viel Wald gerodet, was zu erheblichen Umweltproblemen führte: So nahm die Erosion zu, und die Gefahr von Hochwasser, Steinschlag und Lawinen stieg. Als Reaktion darauf erliess der Bund im Jahr 1876 das sogenannte Forstpolizeigesetz, dessen zentraler Bestandteil das Rodungsverbot war. Seither ist die Waldfläche gewachsen und hat sich stabilisiert. Die gesamte Waldfläche umfasst gegenwärtig 1,31 Millionen Hektaren und hat seit dem Jahr 1995 um 82 300 Hektaren beziehungsweise um 7 Prozent zugenommen. Im Alpenraum dehnt sich der Wald seit längerer Zeit natürlicherweise aus (Abb. 1.1.2), insbesondere auf Flächen, die nicht mehr landwirtschaftlich genutzt werden.

An gewissen Standorten ist eine Zunahme der Waldfläche unerwünscht, weil der Wald zum Beispiel in die Lebensräume seltener Tier- und Pflanzenarten einwächst. Das Waldgesetz wurde deshalb revidiert: Seit dem 1. Juli 2013 können die Kantone in Gebieten, in denen sie eine Waldausdehnung verhindern wollen, statische Waldgrenzen gegenüber dem Offenland festlegen. Ausserhalb dieser Grenze gilt eine neu entstandene Bestockung rechtlich nicht mehr als Wald und kann ohne Rodungsbewilligung entfernt werden, sofern nicht andere Regelungen gelten.

Waldtypen

In der Schweiz sind heute 62 Prozent der Waldflächen mit Nadelwäldern bewachsen. Dabei unterscheiden die Fachleute zwischen reinen und gemischten Nadelwäldern, mit einem Anteil an Nadelbäumen von mehr als 90 Prozent beziehungsweise 51 bis 90 Prozent. Seit 1985 haben die reinen Nadelwälder um 8 Prozent abgenommen. Auch bei den Laubwäldern wird zwischen reinen und gemischten Laubwäldern unterschieden, und beide zusammen machen heute 38 Prozent der Waldfläche aus (Abb. 1.1.3). Der Anteil der reinen Laubwälder ist seit 1985 um 5 Prozent gestiegen, derjenige der gemischten Laubwälder um 2 Prozent. Der Laubwaldanteil nimmt vorwiegend in den Tieflagen zu, wo natürlicherweise Laubwälder wachsen (Kap. 4.3). Standortgerechte Waldbestände reduzieren das Risiko von Ausfällen durch Windwürfe und Schädlinge oder auch im Hinblick auf den Klimawandel.

[1] Die konkreten Zahlen sind: 42 Prozent nach Brändli et al. 2015, 45 Prozent nach Abegg et al. 2014 und 49 Prozent nach Losey und Wehrli 2009.

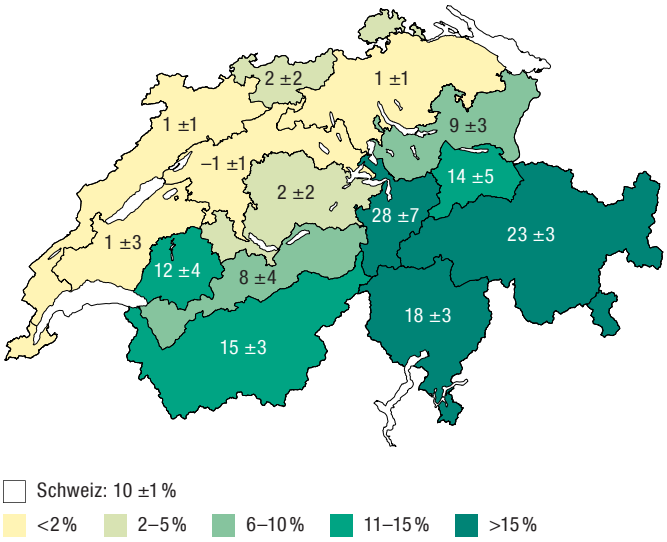


Abb. 1.1.2 *Die Waldfläche hat sich regional unterschiedlich entwickelt. Im Mittelland und Jura blieb sie zwischen 1985 und 2013 konstant, während sie im Alpenraum zunahm. Quelle: LFI*

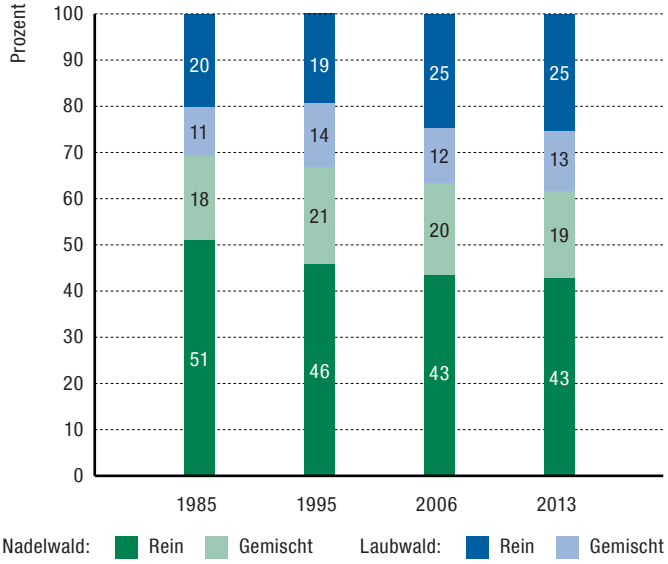


Abb. 1.1.3 *Verteilung der Waldtypen zwischen 1985 und 2013. Reine Nadelwälder kommen trotz des Rückgangs am häufigsten vor. Quelle: LFI*

1.2 Holzvorrat

Paolo Camin, Fabrizio Cioldi, Bruno Röösli

> *Im Schweizer Wald stehen 419 Millionen Kubikmeter Holz; pro Hektare Wald ergibt dies 350 Kubikmeter. Dieser Durchschnittswert ist einer der höchsten in ganz Europa.*
> *Nadelbäume machen 68 Prozent des Holzvorrates aus. Die Fichte stellt mit 44 Prozent den höchsten Anteil am Holzvorrat, dann folgen die Buche mit 18 Prozent und die Weisstanne mit 15 Prozent.*
> *Zwischen 1995 und 2013 nahm der Holzvorrat um 3 Prozent zu. Allerdings waren die regionalen Unterschiede beträchtlich: So stieg er auf der Alpensüdseite um 30 Prozent an, während er im Mittelland um 11 Prozent abnahm.*
> *Besonders stark nahm zwischen 1995 und 2013 der Vorrat an Buche und Weisstanne zu. Der Vorrat der Fichte hingegen sank, im Mittelland sogar um 31 Prozent.*
> *Der Rückgang des Holzvorrates an Fichte ist derart hoch, dass die Holzwirtschaft befürchtet, in Zukunft zu wenig einheimische Fichte verarbeiten zu können.*

Holzvorrat

Der Holzvorrat entspricht dem Holzvolumen auf einer bestimmten Waldfläche und ist häufig das wichtigste Kapital des Waldeigentümers. Ausserdem macht er einen Grossteil des im Wald gespeicherten Kohlenstoffes aus (Kap. 1.4). Das Holzvolumen der Schweizer Wälder wird regelmässig gemessen. Dabei wird unterschieden zwischen dem Volumen der lebenden Bäume (Holzvorrat) und dem der toten Bäume (Totholzvolumen). Die Summe dieser beiden Mengen ergibt das Gesamtholzvolumen. Wie wird das Gesamtholzvolumen im Schweizer Wald bestimmt? Auf den Stichprobenflächen des Landesforstinventars LFI werden alle Bäume mit einem Durchmesser ab 12 Zentimetern erhoben, wobei der Durchmesser auf Brusthöhe gemessen wird. Gemäss LFI 2009/13 beträgt das Gesamtholzvolumen im Schweizer Wald insgesamt 447 Millionen Kubikmeter. Davon entfallen rund 6 Prozent auf tote Bäume (Kap. 4.5). Das Gesamtholzvolumen auf unzugänglichen Waldflächen sowie im Gebüschwald ist dabei nicht eingerechnet.

Die lebenden Bäume liefern den Zuwachs und machen den Holzvorrat aus, der einer der wichtigsten internationalen Indikatoren für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung ist. Im Schweizer Wald beträgt er 419 Millionen Kubikmeter Holz. Umgerechnet auf eine Hektare sind es im Durchschnitt 350 Kubikmeter pro Hektare. Dieser Wert gehört zu den höchsten in ganz Europa. Zum Vergleich: In Deutschland und Österreich stehen pro Hektare Wald 300 Kubikmeter Holz, in Italien und Frankreich gar nur rund 150 Kubikmeter (Brändli et al. 2010b).

Der Standort beeinflusst das Baumwachstum und damit den Holzvorrat, weshalb dieser nicht in allen Wäldern der Schweiz gleich gross ist: In den Voralpen ist er mit 448 Kubikmeter pro Hektare am höchsten, weil die Wälder auf wüchsigen Standorten stehen und nicht intensiv genutzt werden (Abb. 1.2.1). Auf der Alpensüdseite ist er mit 236 Kubikmeter pro Hektare am geringsten. Wichtige Gründe dafür sind die Standortsverhältnisse und die frühere Waldnutzung, wie die Niederwald- und die Selvenbewirtschaftung. Die Wälder im Jura und Mittelland liegen mit 364 und 393 Kubikmeter pro Hektare nahe beim schweizerischen Durchschnitt.

Auch die Waldbesitzer prägen den Holzvorrat: Private Wälder sind mit durchschnittlich 413 Kubikmeter pro Hektare vorratsreicher als öffentliche, deren Vorräte im Durchschnitt 318 Kubikmeter pro Hektare betragen (Brändli et al. 2015). Privatwälder stehen im Durchschnitt auf wüchsigeren Standorten und werden oft auch weniger genutzt.

Verfügbarkeit

Mehr als ein Drittel der Holzressourcen der Schweiz steht in den Alpen und auf der Alpensüdseite. Dort ist das Holz schwer zugänglich, und die Erntekosten sind entsprechend hoch. Bei tiefen Holzpreisen, wie sie in den letzten Jahren herrschten, ist die Holznutzung häufig nicht kostendeckend. Ein Blick auf die konkreten Zahlen veranschaulicht das Problem: Der durchschnittliche Bruttoholzerlös lag im Jahr 2010 bei 83 Franken pro Kubikmeter Holz (WVS 2011). Für rund ein Viertel des Schweizer Holzvorrates beträgt der potenzielle Holzernteaufwand jedoch über 100 Franken pro Kubikmeter

Holz (Duc et al. 2010). Der Holzvorrat mit hohen Erntekosten liegt mehrheitlich in den Alpen, auf der Alpensüdseite und in den Voralpen. Die Waldpolitik 2020 zielt darauf ab, das nachhaltige Holznutzungspotenzial besser auszuschöpfen und Massnahmen zu entwickeln, mit denen die bisher nicht genutzten Reserven mobilisiert werden können, und zwar in der ganzen Schweiz (Kap. 3.1).

Baumarten

Die Höhenlage, in welcher ein Waldbestand wächst, beeinflusst seine Baumartenzusammensetzung. Mehr als die Hälfte des Waldareals der Schweiz liegt oberhalb von 1000 m ü. M. Nadelbäume machen landesweit mit 68 Prozent den grössten Anteil des Holzvorrates aus, in den Voralpen sind es 75 Prozent und in den Alpen gar 84 Prozent. Die Fichte stellt 2013 mit 44 Prozent den höchsten Anteil am Holzvorrat, danach folgen die Buche und die Weisstanne mit 18 Prozent beziehungsweise 15 Prozent (Abb. 1.2.2). Das Volumen anderer Arten wie Föhre, Lärche, Ahorn, Esche und Eiche ist deutlich geringer und beträgt zwischen 2 und 6 Prozent.

Bisherige Entwicklung

Seit dem LFI 1983/85 hat der Holzvorrat stetig zugenommen. Dafür gibt es mehrere Gründe: Der wichtigste ist, dass seit Jahrzehnten weniger Holz genutzt wird als nachwächst. Auch der Waldeinwuchs auf ehemaligem Kulturland des Alpenraums fördert das Vorratswachstum. Innerhalb von 18 Jahren – zwischen dem LFI 1993/95 und dem LFI 2009/13 – hat der Holzvorrat um 3 Prozent zugenommen. Bei dieser und der nachfolgend diskutierten Auswertung ist der Waldeinwuchs nicht berücksichtigt, weil nur Probeflächen verglichen werden, die in beiden Inventuren Wald waren.

Wiederum gab es grosse regionale Unterschiede: Stark zugenommen hat der Holzvorrat mit 14 Prozent in den Alpen sowie mit 30 Prozent auf der Alpensüdseite. Im Mittelland hingegen sank er um 11 Prozent, weil der Wald dort stärker genutzt und durch Sturmschäden sowie Borkenkäferbefall beeinträchtigt wurde. Grosse Unterschiede bestehen nicht nur zwischen Regionen, sondern auch zwischen Baumarten: Der Holzvorrat der Fichte, eine wirtschaftlich interessante Baumart, sank gesamtschweizerisch um 5 Prozent – im Mittelland sogar um 31 Prozent –, während der der Weisstanne um 9 Prozent stieg. Insgesamt ging der Holzvorrat der Nadelbäume leicht zurück. Derjenige der Laubbäume stieg hingegen in allen Regionen: Allein die Buche nahm um 6 Prozent zu, auf der Alpensüdseite sogar um 42 Prozent. Diese Trends sind aus ökologischer Sicht und im Hinblick auf den Klimawandel grundsätzlich positiv, sie entsprechen jedoch nicht der aktuellen Nachfrage der Holzindustrie.

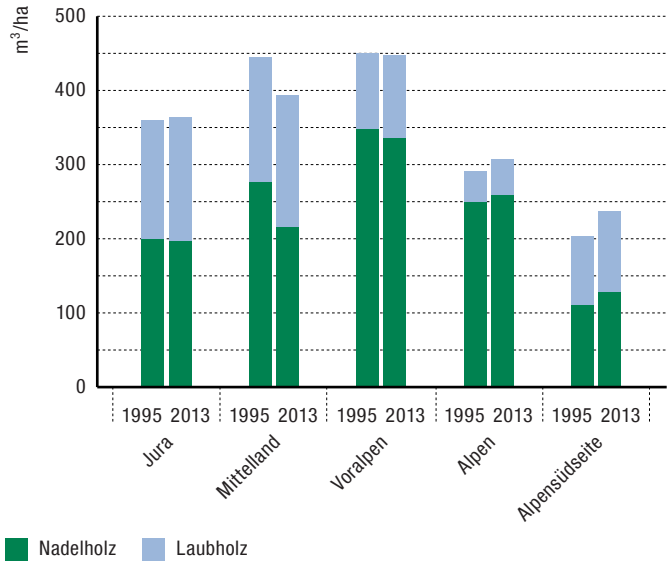


Abb. 1.2.1 *Holzvorrat der Laub- und Nadelbäume in den 5 Produktionsregionen: Vergleich der Inventuren 1993/95 und 2009/13 (inkl. Waldflächenzunahme). Quelle: LFI*

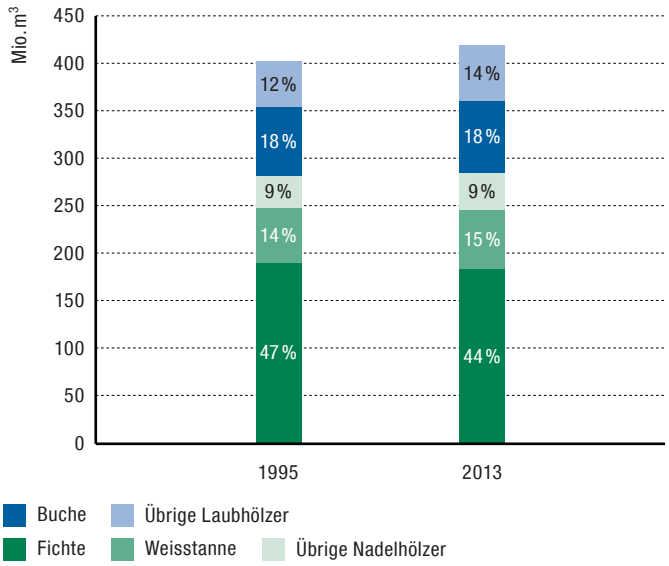


Abb. 1.2.2 *Vorratsanteile der wirtschaftlich wichtigsten Baumarten: Vergleich der Inventuren 1993/95 und 2009/13 (inkl. Waldflächenzunahme). Quelle: LFI*

1.3 Altersaufbau und Bestandesstruktur

Urs-Beat Brändli, Fabrizio Cioldi

> *Aus wirtschaftlicher Sicht ist der Altersaufbau im Schweizer Wald nicht nachhaltig: Viele Bestände sind zu alt und bestehen aus dickeren Bäumen, die zurzeit auf dem Holzmarkt wenig gefragt sind. Dem Wald fehlen jüngere Bestände im Alter von bis zu 30 Jahren. Seit 1995 hat sich der Altersaufbau jedoch insgesamt verbessert.*

> *Aus ökologischer Sicht ist der Schweizer Wald eher jung: Kaum ein Baumbestand erreicht seine natürliche Lebenserwartung, und nur 0,4 Prozent der Wälder sind älter als 250 Jahre. Obwohl die dicken, alten Bäume seit 1995 deutlich zugenommen haben, ist ihr Anteil am ganzen Waldbestand heute nach wie vor gering.*

> *Vielfältig strukturierte, mehrschichtige und nicht zu dichte Bestände sind im bewirtschafteten Wald nicht nur ökologisch günstig, sondern auch stabiler gegen Wind und Schneedruck.*

> *Auf mehr als einem Viertel der Waldfläche sind die Bestände gedrängt, und diese haben seit 1995 in allen Regionen, ausser im Mittelland, leicht zugenommen. Wahrscheinlich ist dies eine Folge davon, dass die Wälder in den Alpen und auf der Alpensüdseite weniger intensiv bewirtschaftet wurden.*

Altersaufbau

Das Alter der Waldbestände ist sowohl aus wirtschaftlicher als auch aus ökologischer Sicht wichtig. Der Aufbau eines «optimalen Waldes» wird jedoch unterschiedlich beurteilt. Aus wirtschaftlicher Sicht trägt ein ausgeglichener Altersaufbau der Bestände dazu bei, dass die Aufwände für die Jungwaldpflege und die Holzerträge aus Durchforstungen und Endnutzungen nicht zu stark schwanken, denn der Holzverkauf ist immer noch die wichtigste Einnahmequelle der Waldbesitzer. Ein nachhaltiger Altersaufbau ermöglicht den Forstbetrieben und Forstunternehmen, regelmässige Erträge zu erwirtschaften, ihre Arbeitskräfte gut auszulasten und den Holzmarkt nachhaltig zu versorgen. Ökologisch betrachtet sind hingegen Altholzbestände mit vielen toten und mächtigen Bäumen – sogenannten Habitatbäumen – günstig, da sie Lebensräume für viele waldbewohnende Tier- und Pflanzenarten sind (Kap. 4.5). Auch Menschen, die den Wald zur Erholung besuchen, bevorzugen eine natürliche Vielfalt, Altholzbestände und grosse dicke Bäume (Bernasconi und Schroff 2008). Im Schutzwald dagegen sollen ungleichaltrige Bestände mit ausreichender Verjüngung eine nachhaltige Schutzwirkung garantieren.

Ob ein Bestand gleichaltrig oder ungleichaltrig aufgebaut ist, beurteilen die Fachleute des Landesforstinventars LFI aufgrund der unterschiedlichen Baumdurchmesser in einem Bestand. Im LFI 2009/13 wurden 26 Prozent der Bestände als ungleichaltrig bezeichnet. In den gleichaltrigen Beständen, die 74 Prozent der Waldfläche ausmachen, wird das Bestandesalter möglichst genau bestimmt, allerdings ohne Bohrkerne zu entnehmen. Vielmehr werden in Jungbeständen die Astquirle an den Nadelbäumen gezählt, und in den übrigen Beständen werden an Baumstümpfen von gefällten Bäumen die Jahrringe gezählt. In den meisten Fällen aber muss das Bestandesalter anhand der dominanten Baumdurchmesser und Baumhöhen gutachtlich geschätzt werden.

Optimaler Altersaufbau

Wirtschaftlich betrachtet gilt ein Wald als nachhaltig aufgebaut, wenn jedes Jahr die gleiche Holzmenge genutzt werden kann. Um dies zu erreichen, gibt es grundsätzlich zwei Bewirtschaftungskonzepte: den schlagweisen Hochwald mit flächiger Nutzung und den Dauer- oder Plenterwald mit Einzelbaumnutzung. In einem ideal aufgebauten schlagweisen Hochwald haben alle Altersklassen – vom Jungwald bis zum hiebsreifen Altholz – die gleichen Flächenanteile. So wird jedes Jahr auf einer gleich grossen Fläche alles Holz geschlagen – die Fachleute nennen dies Endnutzung –, und der Wald wird flächig verjüngt. Die Zeitspanne zwischen zwei Endnutzungen wird Umtriebszeit genannt. Je nach Wuchsleistung des Standorts variiert beim LFI die optimale wirtschaftliche Umtriebszeit der Hauptbaumarten zwischen 120 und 180 Jahren (Cioldi et al. 2010). Daraus lässt sich für den gesamten Schweizer Wald eine ideale Altersverteilung errechnen. Der Vergleich dieser Werte (Sollwerte) mit der tatsächlichen Altersverteilung im Wald zeigt einen Mangel an jungen Beständen bis zum Alter von 30 Jahren und an Beständen

mit einem Alter von 60 bis 90 Jahren (Abb. 1.3.1). Seit dem LFI 1993/95 hat sich der Altersaufbau insgesamt verbessert; trotzdem übertreffen immer noch 6 Prozent der Wälder die optimale Umtriebszeit, auf sehr guten Standorten sind es sogar 13 Prozent (Brändli et al. 2015). Würde dort die Umtriebszeit bei 90 Jahren angesetzt – wie es bei der derzeitigen Sortimentsnachfrage von Fichte optimal wäre –, wären auf sehr guten Standorten sogar 38 Prozent aller Bestände und 39 Prozent der Fichtenbestände zu alt. Aus wirtschaftlicher Sicht ist der Schweizer Wald demnach überaltert und nicht nachhaltig aufgebaut.

Ökologisch betrachtet ist der Schweizer Wald hingegen zu jung: Im Vergleich zu Urwäldern fehlen ihm Bestände in der «zweiten Lebenshälfte». Der Hauptgrund dafür ist die Bewirtschaftung: Die natürliche Lebenserwartung der Bäume ist mindestens doppelt so hoch wie die wirtschaftlich optimalen Umtriebszeiten der entsprechenden Baumarten. Alte und absterbende Bäume begünstigen die Artenvielfalt, denn es gibt zahlreiche seltene Arten, die auf alte, mächtige Bäume mit toten Ästen, Löchern und Rissen oder hohlen Stämmen angewiesen sind. Im Mittelland – wo Buchenbestände von Natur aus bis 350-jährig werden können – sind gemäss LFI 2009/13 nur 11 Prozent aller Bestände älter als 120 Jahre und lediglich 0,5 Prozent älter als 180 Jahre (Abb. 1.3.2). Bäume in höheren Lagen haben eine längere Lebenserwartung. So können Fichtenbestände in den Alpen ein Alter von 400 Jahren oder gar mehr erreichen. Auch dort sind bloss 7 Prozent aller Bestände älter als 180 Jahre, und kaum ein Bestand erreicht das maximale Alter. Somit besteht in den Gebirgswäldern für die nächsten Jahrzehnte kein Risiko einer physiologischen Überalterung. Dagegen fehlt es in vielen älteren Schutzwaldbeständen an einer ausreichenden Verjüngung (Kap. 5.2). Gesamtschweizerisch sind nur 0,4 Prozent der Wälder älter als 250 Jahre (Brändli et al. 2015). In bewirtschafteten Wäldern schaffen Bund, Kantone und Waldbesitzer Alt- und Totholzinseln, um alte Bäume und längere Entwicklungsphasen und damit die Artenvielfalt im Wald zu fördern (Kap. 4.9).

Baumdurchmesser

Der Stammdurchmesser eines Baumes ist nicht nur für die wirtschaftliche Nutzung und Holzproduktion wichtig, sondern gibt auch einen Hinweis auf das relative Alter eines Baumes. Um zu prüfen, ob ein ungleichaltriger Plenter- und Dauerwald nachhaltig aufgebaut ist, werden die Stammzahlverteilungen nach Durchmesserklassen beigezogen. Der Stammdurchmesser wird nach einer internationalen Norm auf 1,3 Meter über dem Boden gemessen (sog. Brusthöhendurchmesser).

Gemäss LFI 2009/13 kommen im Schweizer Wald dünne Bäume viel häufiger vor als dicke (Abb. 1.3.3). Dies ist auch zu erwarten, denn die meisten Bäume sterben, bevor sie alt und mächtig werden. Besonders selten sind mächtige Laubbäume. Dafür gibt es mehrere Gründe: Viele Laubbaumarten werden von Natur aus nicht mächtig, beispielsweise Birke, Vogelbeere, Hagebuche oder Erlenarten. Zudem kommen Laubwälder vor allem in Tieflagen vor, wo die Wälder während Jahren intensiv genutzt und natürlich verjüngt wurden.

Dicke Bäume mit einem Durchmesser von über 80 Zentimetern werden im LFI als Giganten bezeichnet. Für die Holznutzung sind sie häufig nicht mehr interessant, weil sie oft Holzfäule aufweisen und die Nachfrage der Industrie nach dicken Stämmen derzeit gering ist. Sie sind jedoch ökologisch wichtig als Lebensraum für Arten, die sich langsam verbrei-

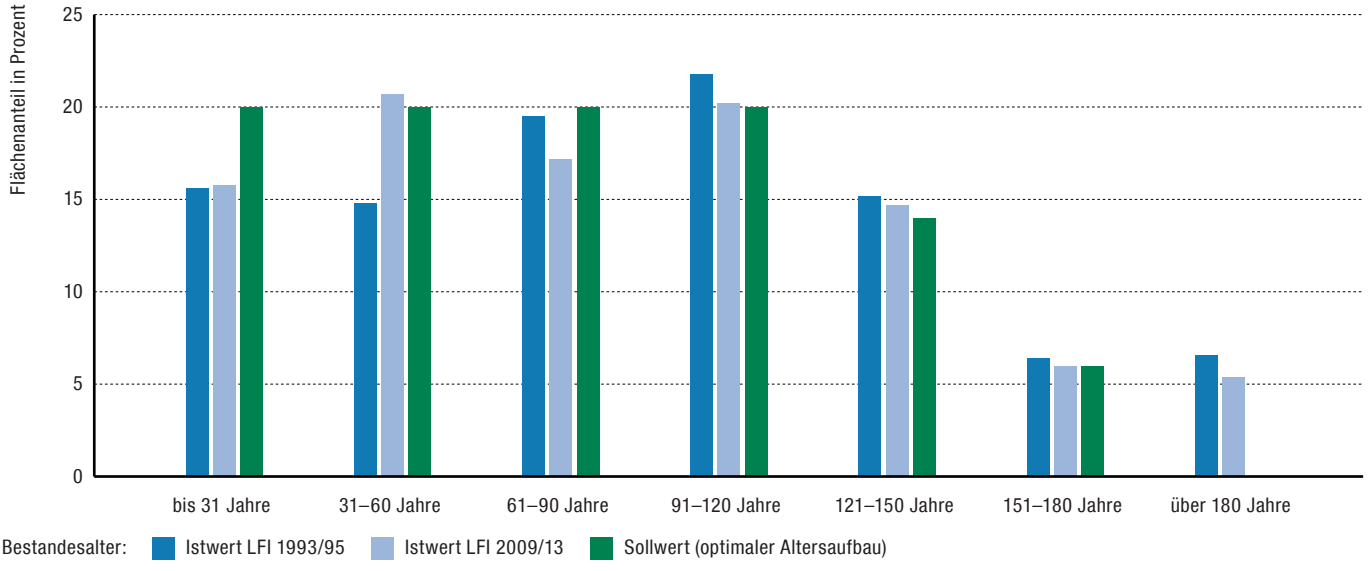


Abb. 1.3.1 *Verteilung der Altersklassen im gleichaltrigen Wald. Für eine nachhaltige Holzproduktion sollten die Ist- und die Sollwerte möglichst gut übereinstimmen. Quelle: LFI*

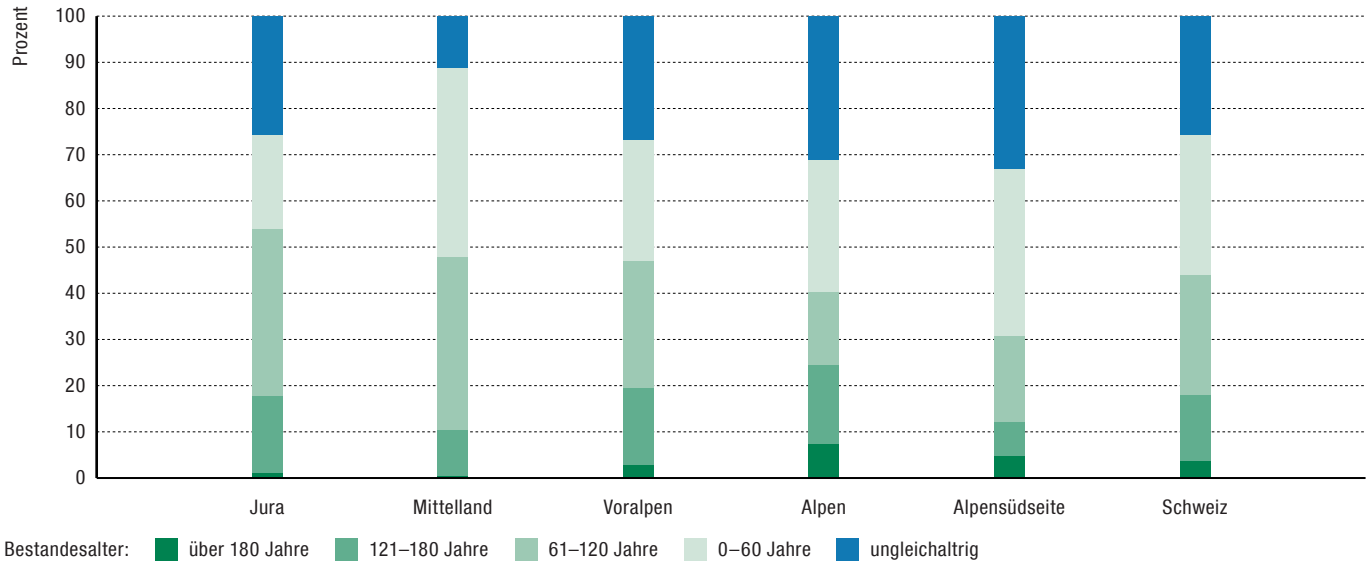


Abb. 1.3.2 *Alter der Schweizer Waldbestände nach Altersklassen und in den 5 Produktionsregionen. Quelle: LFI 2009/13*

ten (z. B. gewisse Flechten), und für viele Tier- und Pilzarten, weil sie oft tote Äste und andere Kleinlebensräume wie Spalten aufweisen (Kap. 4.5). Heute stehen pro Hektare Wald im Durchschnitt 1,7 Giganten, davon 1,3 Nadelbäume und 0,4 Laubbäume (Brändli et al. 2015). Beim LFI 1993/95 waren es im Durchschnitt erst 1,1 Giganten pro Hektare – im Schweizer Wald haben die Giganten somit deutlich zugenommen. Die Unterschiede zu einem natürlichen, unbewirtschafteten Wald bleiben jedoch gross: In den Schweizer Buchenwäldern sind Buchen-Giganten rund 30-mal seltener als im grössten europäischen Buchenurwald in den ukrainischen Karpaten (Brändli und Abegg 2013).

Bestandesstruktur

Die Bestandesstruktur beschreibt sowohl den vertikalen als auch den horizontalen Aufbau des Waldes. Aus ökologischer Sicht sind mehrschichtige oder stufige Bestände vielfältigere Lebensräume als einschichtige Bestände. Allerdings sind sie schwieriger zu bewirtschaften. Ideale Betriebsarten sind stufige Dauer- und Plenterwälder sowie Femelschlag- und Schirmschlagwälder mit zweischichtigen Althölzern (Abb. 1.3.4).

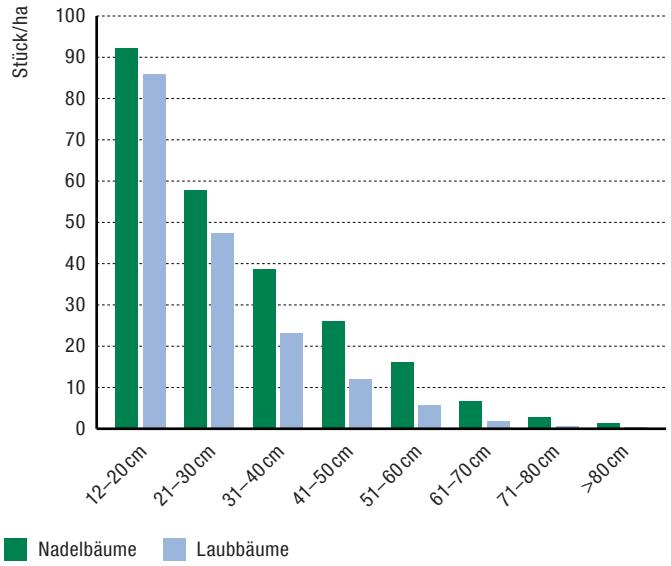


Abb. 1.3.3 *Verteilung der Anzahl lebender Laub- und Nadelbäume nach Durchmesserklassen. Quelle: LFI 2009/13*

Abb. 1.3.4 *Zweischichtiger Buchenwald im Reppischtal (ZH). Die Oberschicht besteht aus Altholz, die Unterschicht aus Naturverjüngung. Foto: Urs-Beat Brändli*

Und wie zeigt sich die vertikale Struktur im Schweizer Wald? Gemäss LFI 2009/13 sind nur 36 Prozent der Bestände einschichtig, 49 Prozent sind zwei- oder dreischichtig, 14 Prozent sind stufig und 1 Prozent hat eine so genannte Rottenstruktur. Rotten sind stufige Baumgruppen, die sich ideal für Schutzwälder eignen.

Die horizontale Struktur gibt Aufschluss über das Lichtangebot im Bestand. Dichte Wälder sind aus mehreren Gründen ungünstig: Sie haben wenig Bodenvegetation, sie sind ungeeignet für Tier- und Pflanzenarten, die Licht und Wärme brauchen, und sie bieten dem Wild weniger Äsung, was das Risiko des Wildverbisses an der spärlichen Verjüngung erhöht. Ausserdem sind die Baumkronen kleiner, und der Bestand ist weniger stabil gegen Wind und Schneedruck. Kommen gedrängte Bestände im Schutzwald, im Wirtschaftswald oder in Sonderwaldreservaten (Kap. 4.9) vor, weist dies meist auf einen erhöhten Bedarf an waldbaulicher Pflege hin.

Gut ein Viertel der Bestände der Schweiz sind heute gedrängt und weisen einen dichten Kronenschluss auf. Die Unterschiede zwischen den Wirtschaftsregionen sind relativ klein, nur in der Region Alpen Südost (Bündnerland) ist der Anteil deutlich geringer als in der übrigen Schweiz (Abb. 1.3.5). Zwischen 1995 und 2013 hat sich der Anteil an gedrängten Beständen gesamtschweizerisch nicht signifikant verändert (Brändli et al. 2015). Im Mittelland haben gedrängte Bestände abgenommen, wozu auch der Orkan «Lothar» beigetragen hat. Im Jura, in Teilen der Voralpen, im Wallis und auf der Alpensüdseite haben gedrängte Bestände leicht zugenommen. Insbesondere die Bestände der Subalpinstufe sind dichter geworden. Diese Entwicklung weist darauf hin, dass der Bedarf an waldbaulicher Pflege im Gebirgswald tendenziell zunimmt. Dies ist mit eine Folge davon, dass die Wälder in den Alpen und auf der Alpensüdseite weniger intensiv bewirtschaftet wurden (Cioldi et al. 2010).

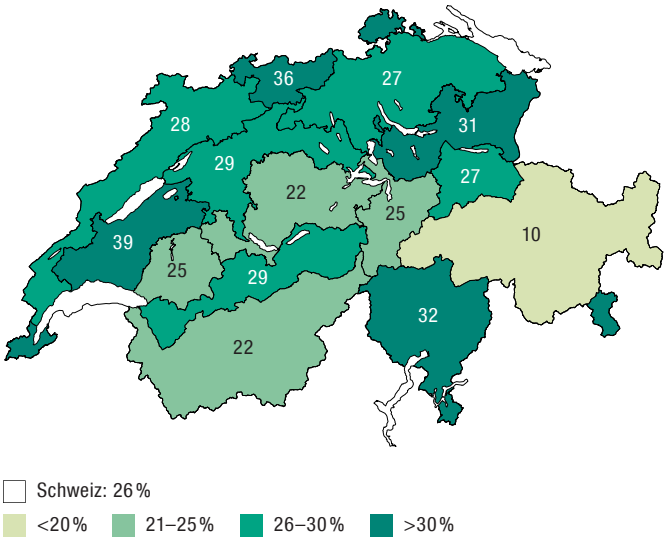


Abb. 1.3.5 *Anteil der gedrängten Bestände in den 14 Wirtschaftsregionen der Schweiz. Quelle: LFI 2009/13*

1.4 Kohlenstoffvorrat

Nele Rogiers, Frank Hagedorn, Esther Thürig

> *Wälder spielen im globalen Kohlenstoffkreislauf eine wichtige Rolle. In den Pflanzen und im Boden gebunden speichert der Schweizer Wald 5-mal mehr Kohlenstoff (C), als Luft in Form von Kohlendioxid (CO_2) enthält.*

> *Der Schweizer Wald hat den höchsten Kohlenstoffvorrat pro Fläche in Europa, nämlich 270 Tonnen Kohlenstoff pro Hektare (t C/ha). In lebenden Bäumen enthält er rund 121 t C/ha; in Humus und Totholz sind es rund 149 t C/ha.*

> *Im vorliegenden Waldbericht wird erstmals die Kohlenstoffbilanz des Waldes nach Kyoto-Regeln berechnet. Da im Schweizer Wald mehr Holz nachwächst als genutzt wird, steigt auch sein Kohlenstoffvorrat. Der Wald leistet somit einen wesentlichen Beitrag an die Erreichung der Ziele zur Reduktion der Treibhausgase, zu welcher sich die Schweiz unter dem Kyoto-Protokoll verpflichtet hat.*

Kohlenstoffausstoss

Seit dem 19. Jahrhundert haben die Treibhausgase – darunter auch CO_2 – in der Atmosphäre um gut ein Drittel zugenommen und eine Änderung des Klimas bewirkt (IPCC, 2007). Um das Ausmass der Klimaänderung zu vermindern, muss der Ausstoss dieser Gase durch verschiedene Massnahmen reduziert werden. Durch das Waldwachstum oder durch Aufforstungen wird CO_2 aus der Luft entfernt, denn Pflanzen nehmen CO_2 aus der Luft auf und lagern den daraus gewonnenen Kohlenstoff (C) in der Waldbiomasse ab. Die Waldbewirtschaftung kann durch gezielte Eingriffe eine Waldstruktur schaffen, welche eine möglichst hohe CO_2-Aufnahme erreicht. Aus diesem Grund stehen seit einiger Zeit die Kohlenstoffvorräte von Wäldern und ihre Entwicklung im Blickpunkt von Politik und Forschung.

Kohlenstoffvorrat in der Waldbiomasse

Die Berechnung des in der lebenden Waldbiomasse gebundenen Kohlenstoffes stützt sich auf folgende Daten: Holzvorrat (Kap. 1.2), Schätzungen über die Verteilung der Biomasse auf Stamm, Äste, Blätter und Wurzeln sowie Angaben über Dichte und Kohlenstoffgehalte von Holz. Die grösste Unsicherheit dieses Rechnungsmodells birgt die unterirdische Biomasse, deren Erfassung aufwendig, aber wichtig ist, denn Wurzeln speichern ungefähr ein Viertel des eingelagerten Kohlenstoffs.

Die Berechnungen ergeben für den Schweizer Wald eine Kohlenstoffmenge von insgesamt etwa 144 Millionen Tonnen in der lebenden Biomasse. Pro Hektare speichert der Schweizer Wald also durchschnittlich 121 Tonnen Kohlenstoff (t C/ha). Der hohe Kohlenstoffvorrat des Schweizer Waldes widerspiegelt einerseits die günstigen Wachstumsverhältnisse. Ähnlich hohe Vorräte gibt es in österreichischen Wäldern, weil dort die Bewirtschaftung und die Standortbedingungen vergleichbar sind. Anderseits ist der hohe Wert die Folge der in den letzten Jahrzehnten anhaltenden Unternutzung der Laubholzbestände, der Privatwälder, der steilen Hanglagen und der abgelegenen Bergwälder (Kap. 1.2; Brändli 2010).

Es gibt grosse Unterschiede in der Verteilung der Kohlenstoffvorräte auf die tote und die lebende Biomasse in den 5 Produktionsregionen. In den Voralpen finden sich die Wälder mit dem grössten Kohlenstoffvorrat in der lebenden

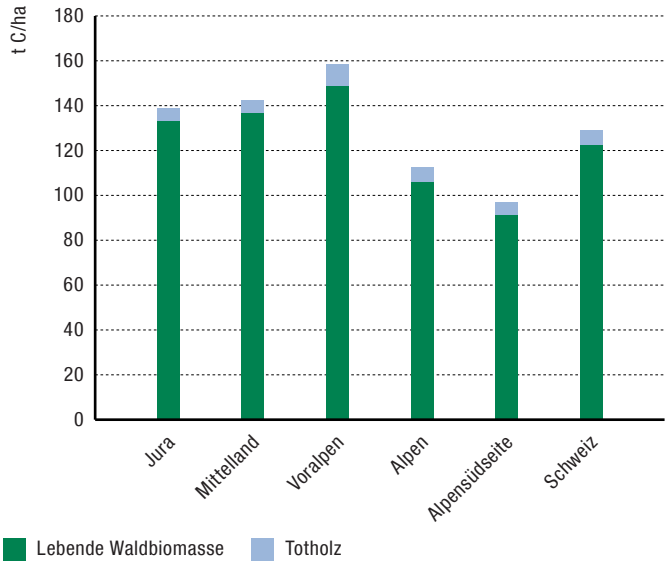


Abb. 1.4.1 *Verteilung des Vorrates an Kohlenstoff (C) auf die lebende und die tote Biomasse in den 5 Produktionsregionen. Quelle: LFI 2009/13*

Biomasse (Abb. 1.4.1). Dort sind die Wachstumsbedingungen für den Wald hervorragend. Auf der Alpensüdseite ist der Kohlenstoffvorrat pro Hektare in der lebenden Biomasse am geringsten. Die Wälder sind dort relativ jung und weisen den geringsten Zuwachs auf.

Kohlenstoff wird nicht nur in lebende Biomasse eingelagert, sondern auch in Totholz – im Durchschnitt sind es fast 7 t C/ha. Dort bleibt er, bis das Totholz vollständig abgebaut oder im Bodenhumus integriert wird (Kap. 4.5). Am meisten Kohlenstoff in Form von Totholz findet sich in den Voralpen mit durchschnittlich knapp 10 t C/ha.

Kohlenstoffvorrat im Waldboden

Schweizer Waldböden speichern zusammen mit der organischen Auflage im Schnitt 143 t C/ha (Abb. 1.4.2), etwas mehr, als in der lebenden Biomasse enthalten ist. Diese Angaben stützen sich auf die Auswertung von rund 1000 Bodenprofilen, welche die heterogenen Standortsverhältnisse in den Schweizer Wäldern gut abdecken. Die Kohlenstoffgehalte der Waldböden nehmen mit der Höhenlage und den damit verbundenen kühleren und feuchteren Verhältnissen zu. Diese Zunahme ist ein Grund dafür, warum die Schweizer Waldböden etwa 50 Prozent mehr Kohlenstoff enthalten als Waldböden anderer zentraleuropäischer Länder, die tiefer gelegen sind.

Die Waldböden der Südschweiz weisen den grössten Vorrat an Kohlenstoff auf (Abb. 1.4.2). Dies steht scheinbar im Gegensatz zur geringen Kohlenstoffmenge, die in der lebenden Biomasse gespeichert ist (Abb. 1.4.1). Fachleute führen dies auf wiederholte Waldbrände und die hohen Gehalte an Eisen- und Aluminiumoxiden zurück, die den Humus vor der Zersetzung durch Mikroorganismen schützen (Abb. 1.4.3).

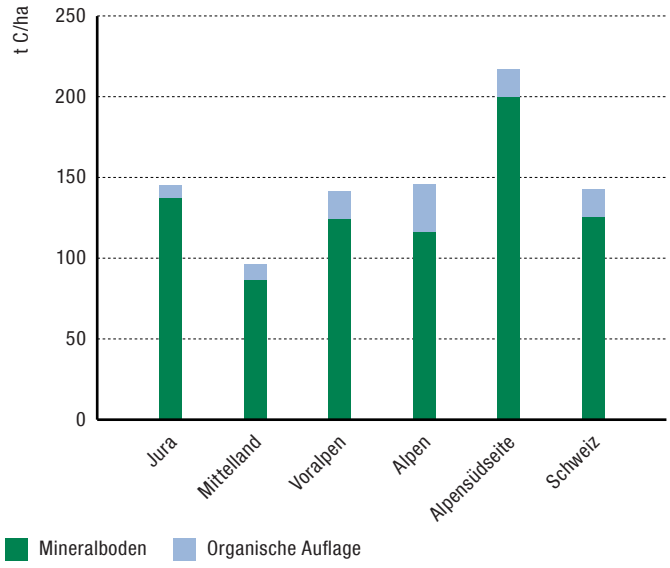


Abb. 1.4.2 *Kohlenstoffvorrat im Waldboden und in der organischen Auflage in den 5 Produktionsregionen. Quelle: Nussbaum et al. 2012*

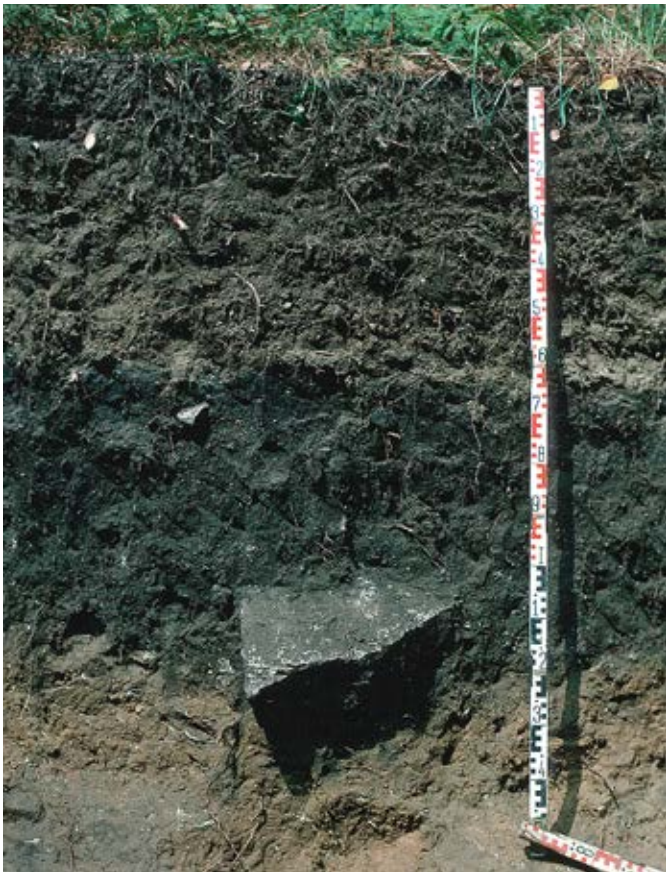


Abb. 1.4.3 *Ein Tessiner Waldboden: Die schwarze Farbe stammt von den hohen Gehalten an «Black Carbon», einem Überbleibsel und Zeugen häufiger Waldbrände. Foto: Marco Walser*

Schweizer Wälder enthalten in ihrer lebenden und toten Biomasse sowie im Boden 5-mal so viel Kohlenstoff wie die Atmosphäre über unserem Land (Abb. 1.4.4). Etwas mehr als die Hälfte davon speichert der Boden mitsamt der organischen Auflage, der Rest ist in den lebenden und toten Bäumen vorhanden (Abb. 1.4.5).

CO_2-Bilanz im Wald

Wenn Bäume wachsen, bauen sie CO_2 als Kohlenstoff in ihre Biomasse ein. Durch ihre Nutzung wird bei der Verbrennung des Holzes der Kohlenstoff wieder als CO_2 freigesetzt und gelangt in die Atmosphäre. Der gleiche Effekt tritt ein, wenn Bäume im Wald absterben und verrotten. Waldböden und ihre organische Auflage gewinnen oder verlieren CO_2 je nach klimatischen Gegebenheiten und der chemischen Zusammensetzung der Bodenstreu. Die CO_2-Bilanz im Wald setzt sich zusammen aus der CO_2-Aufnahme als Folge des Baumwachstums, aus Veränderungen des in der organischen Auflage,

im Boden und im Totholz gespeicherten CO_2, abzüglich der Verluste als Folge der Waldnutzung und Verrottung. Ist die Aufnahme von CO_2 höher als seine Verluste, resultiert eine Kohlenstoffsenke, im umgekehrten Fall entsteht eine Kohlenstoffquelle.

Die CO_2-Bilanz der Wälder hat eine besondere Bedeutung im Kyoto-Protokoll. Mit dessen Unterzeichnung hat sich die Schweiz international dazu verpflichtet, die Treibhausgasemissionen in der Schweiz zwischen 2008 und 2012 um durchschnittlich 8 Prozent gegenüber dem Stand von 1990 zu reduzieren. Dies entspricht einer Reduktion von jährlich 4,2 Millionen Tonnen CO_2. Zudem hat die Schweiz beschlossen, CO_2-Senken oder allenfalls CO_2-Quellen von Wäldern anzurechnen. Grundlage zur Berechnung der Senken und Quellen im Schweizer Wald sind die Daten der vier zwischen 1985 und 2013 erstellten Landesforstinventare LFI.

Die Schweizer Wälder wirken seit einiger Zeit als Senke für CO_2, weil mehr Holz zuwächst als genutzt wird oder verrottet (Kap. 1.2). Zudem dehnt sich die Waldfläche aus (Kap. 1.1). Stürme können diese Senken lokal zu Quellen machen: Der Orkan «Lothar» zum Beispiel zerstörte Ende 1999 innerhalb weniger Stunden Waldbestände, in denen knapp 15 Millionen Tonnen CO_2 in der lebenden Biomasse gespeichert waren. Dieses Holz wurde in der Folge grösstenteils verbaut. Damit wurde die Atmosphäre nur durch CO_2 des Holzes belastet, das nicht verbaut oder nicht in Holzprodukte verwandelt wurde. Durch langlebige Holzprodukte wie Häuser gelangt das im Holz eingelagerte CO_2 über längere Zeit nicht in die Atmosphäre. So lagert etwa im Haus, in dem der Obwaldner Einsiedler Niklaus von Flüe 1417 geboren wurde, seit Jahrhunderten CO_2 ein. Die Anrechnung von verbautem Holz ist unter dem Kyoto-Protokoll seit 2013 möglich.

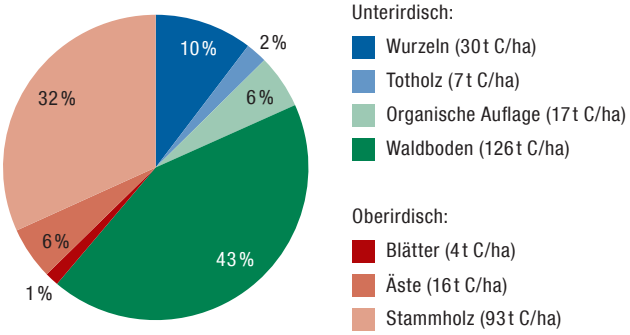


Abb. 1.4.5 *Verteilung des Kohlenstoffvorrates im Wald. Waldboden und Stammholz speichern zusammen 75 % der Vorräte. Quellen: LFI 2009/2013; Nussbaum et al. 2012*

Bedeutung der Kohlenstoffsenke im Wald

Zwischen 2008 und 2012 speicherte der Schweizer Wald im Mittel jährlich 1,6 Millionen Tonnen CO_2. Dies entspricht 3 Prozent der gegenwärtigen Schweizer Treibhausgasemissionen. Der Schweizer Wald bindet also bloss einen Bruchteil der Treibhausgasemissionen (Abb. 1.4.6). Allerdings sind diese 1,6 Millionen Tonnen CO_2, die unter dem Kyoto-Protokoll als Waldsenke angerechnet werden können, ein wesentlicher Beitrag zur Reduktion, zu welcher sich die Schweiz im Rahmen dieses Protokolls verpflichtet hat. Ohne Anrechnung der

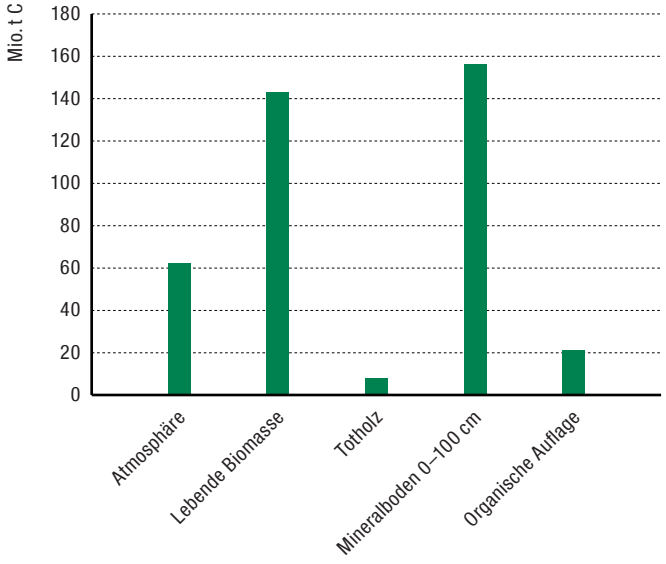


Abb. 1.4.4 *Verteilung der Kohlenstoffvorräte im Wald und inder Atmosphäre. Quellen: LFI 2009/2013; Nussbaum et al. 2012; IPCC 2007*

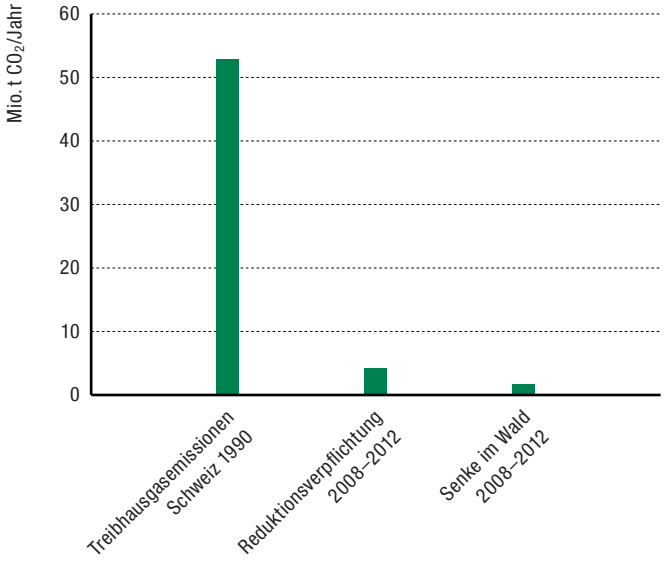


Abb. 1.4.6 *Gesamte unter dem Kyoto-Protokoll zu reduzierende Treibhausgasemissionen in der Schweiz und anrechenbare Waldsenke (1 t C ≙ 3,67 t CO_2). Quelle: BAFU 2014b*

Waldsenke hätte die Schweiz Emissionszertifikate im Wert von mehreren Millionen Franken erwerben müssen, um das Reduktionsziel zu erreichen.

Trotz der grossen volkswirtschaftlichen Bedeutung der Waldsenke können die Waldeigentümer von den erbrachten Leistungen nicht profitieren, weil entsprechende Abgeltungsregeln auf nationaler Ebene fehlen. Damit bleibt auch der Zugang zum sogenannt verpflichteten Markt mit international handelbaren Zertifikaten versperrt. Möglich ist zurzeit einzig, dass Waldeigentümer die Senkenleistungen auf dem privaten Markt verkaufen. Allerdings kann der Preis für eine Tonne CO_2 stark variieren.

Aus waldpolitischer Sicht ist eine Senkenerhöhung nur so weit erwünscht, als andere Waldfunktionen gewährleistet und die Nachhaltigkeit der Waldbewirtschaftung gesichert bleiben. Gemäss Waldpolitik 2020 sollen der Wald und die Verwendung von Holz zur Verminderung der Folgen des Klimawandels beitragen. Weiter soll das nachhaltige Holznutzungspotenzial ausgeschöpft werden. Wenn dies erreicht ist, wäre die Kohlenstoffbilanz des Waldes langfristig in etwa ausgeglichen. Das Holz aus dem Wald wirkt jedoch weiterhin klimaschonend, denn der grösste CO_2-Spareffekt wird dann erreicht, wenn das Holznutzungspotenzial ausgeschöpft und das Holz kaskadenartig verwendet wird. Kaskadenartig bedeutet, das Holz zuerst in Häusern und Möbeln zu verbauen und erst am Ende des Lebenszyklus zu verbrennen. So bleibt das CO_2, wie in Niklaus von Flües Geburtshaus, während langer Zeit im Holz gespeichert.

2 Gesundheit und Vitalität

Marcus Schaub, Christian Küchli

Seit 2005 ist der Schweizer Wald von verheerenden Stürmen verschont geblieben. Die atmosphärischen Schwefeleinträge haben weiter abgenommen. Hingegen wird das Nährstoffgleichgewicht von Bäumen nach wie vor durch hohe Stickstoffeinträge und zunehmende Bodenversauerung gestört. Kronenverlichtung und Mortalität verhalten sich im langjährigen Mittel stabil, zeigten aber infolge von Trockenheit und Insektenbefall zeitweise eine starke Zunahme. Die Einschleppungsrate von fremden Tier-, Pflanzen- und Pilzarten ist seit 2005 weiter deutlich gestiegen. Der fortschreitende Klimawandel wird für den Wald und die Waldwirtschaft in Zukunft eine wachsende Herausforderung darstellen.

Zusammenfassung

Seit Inkrafttreten der Luftreinhalte-Verordnung von 1986 sind die Emissionen von Schwefel und Stickstoffverbindungen sowie die Spitzenkonzentrationen von Ozon zurückgegangen. Trotzdem überschreiten die Stickstoffeinträge die Grenzwerte weiterhin auf über 90 Prozent der Schweizer Waldfläche. Ein Fünftel der 1240 ausgewerteten Bodenprofile weisen geringe Vorräte an Kalzium auf, vor allem im Tessin und im Kristallin der Zentralalpen. Speziell auf diesen Böden führen zu hohe Stickstoffeinträge zu fortschreitender Versauerung und Auswaschung von wichtigen Nährstoffen wie Magnesium und Kalium. Damit steigt das Risiko eines Nährstoffungleichgewichts, was die Nährstoffversorgung von Bäumen langfristig beeinträchtigt. Eine intensivierte Bewirtschaftung mit Vollbaumnutzung kann insbesondere auf sauren Standorten den Nährstoffentzug beträchtlich erhöhen und das Nährstoffgleichgewicht zusätzlich beeinträchtigen.

Von 2005 bis 2012 fanden wenige aussergewöhnliche Naturereignisse statt, mit meist nur lokalen Folgeschäden für den Wald. Während Brände jährlich rund 100 Hektaren Wald zerstörten, verursachten die Orkane «Kyrill», «Emma» und «Quinten» 350 000 Kubikmeter Sturmholz. Seit 2005 nahm das durch den Buchdrucker befallene Käferholz von 1 Million auf 0,1 Million Kubikmeter pro Jahr ab. Trockenheit führte 2006 und 2007 im Wallis und im Churer Rheintal zu einer erhöhten Mortalität bei Föhren.

Ausgeprägte Trockenheit, Stürme oder schwere Hagelwetter schwächen Bäume, wodurch diese leichter von Schadorganismen befallen werden können. Warme Temperaturen begünstigen zusätzlich die Befalls- oder Entwicklungsbedingungen von Pathogenen und Insekten, speziell von eingeschleppten, wärmeliebenden Schadorganismen. So gefährden der Asiatische Laubholzbockkäfer und die Edelkastanien-Gallwespe – beides aus China eingeschleppte Arten – Grünanlagen und Waldbestände. Bei den Pilzkrankheiten bedroht die Eschenwelke zunehmend die Eschenbestände, und neuerdings befällt auch die gefährliche Rotbandkrankheit Föhren im Wald. Da als Folge des Klimawandels Trockenheit und schwere Hagelunwetter zunehmen dürften, könnten forstliche Schadorganismen an Bedeutung gewinnen.

Die Sanasilva-Inventur untersucht den Kronenzustand von Bäumen, um Aussagen über den Gesundheitszustand des Waldes zu machen. Seit 1985 erhebt sie jährlich auf 50 Flächen den Kronenzustand von etwa 1000 Bäumen. Klimatische Extremereignisse wie «Vivian» und «Lothar», der Hitzesommer 2003 sowie die Frühjahrstrockenheit 2011 führten vorübergehend zu einer Verschlechterung des Kronenzustandes und zu erhöhter Mortalität. Generell hat sich die zwischen 1985 und 1995 festgestellte Zunahme der Kronenverlichtung nicht fortgesetzt, sondern sich mit grossen jährlichen Schwankungen stabilisiert.

Der fortschreitende Klimawandel wird für den Wald und die Waldwirtschaft in Zukunft eine wachsende Herausforderung darstellen, da sich für Gesundheit und Vitalität des Waldes wichtige Faktoren verändern dürften.

2.1 Luftschadstoffe

Anne Thimonier, Peter Waldner, Elisabeth Graf Pannatier, Sabine Braun, Beat Achermann, Beat Rihm, Sabine Augustin

> *Die Emissionen von Luftschadstoffen sind seit den 1980er-Jahren deutlich zurückgegangen. Als Folge davon haben auch die atmosphärischen Einträge abgenommen, vor allem die Schwefeleinträge.*
> *Die Stickstoffeinträge sind weiterhin zu hoch. Modellberechnungen zeigen, dass auf mehr als 90 Prozent der Schweizer Waldfläche die sogenannten Critical Loads für Stickstoff überschritten werden.*
> *Hohe Stickstoffeinträge vergrössern das Risiko von Nitratauswaschung ins Grundwasser, einer unausgeglichenen Nährstoffversorgung der Bäume und einer Veränderung der Bodenvegetation.*
> *Die Spitzenkonzentrationen für Ozon sinken seit den 1980er-Jahren. Die mittlere Belastung hingegen steigt. Ozon ist ein starkes Oxidationsmittel, das die Pflanzen über die Spaltöffnungen aufnehmen und das ihr Wachstum beeinträchtigen kann. Mithilfe von Modellen wird der mittlere, durch Ozon bedingte Wachstumsverlust im Schweizer Wald auf rund 11 Prozent pro Jahr geschätzt.*

Belastung durch Schwefel und Stickstoff

In den letzten drei Jahrzehnten sind die Emissionen von Luftschadstoffen zurückgegangen (Abb. 2.1.1). Dies ist den Massnahmen zu verdanken, die auf nationaler und internationaler Ebene im Rahmen der 1979 abgeschlossenen Genfer Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (UNECE) getroffen wurden. Dadurch wurden insbesondere Schwefelemissionen erheblich vermindert, was sich in einer deutlichen Abnahme von atmosphärischen Schwefeleinträgen in den Wald zeigt (Graf Pannatier et al. 2012).

Obwohl die Emissionen stickstoffhaltiger Luftschadstoffe rückläufig sind, liegen diese immer noch über den vom Bundesrat festgesetzten Zielen. Stickstoff (N) ist für das Pflanzenwachstum notwendig, kommt in natürlichen Ökosystemen jedoch meist nur in geringen Mengen vor. Zu hohe Stickstoffeinträge können deshalb einerseits eine düngende Wirkung haben, anderseits aber den Nährstoffhaushalt der Bäume aus dem Gleichgewicht bringen und zu einer Versauerung von Waldböden (Kap. 2.2) führen. Zudem kann überschüssiger Stickstoff in Form von Nitrat in das Grundwasser ausgewaschen werden und so dessen Qualität beeinträchtigen (Kap. 5.1). Da die Nitratauswaschung mit einer Auswaschung wichtiger Nährelemente wie Kalzium, Magnesium oder Kalium einhergeht, trägt sie zur Nährstoffverarmung der Waldböden bei.

Im Rahmen der Genfer Konvention wurden Grenzwerte für Stickstoffeinträge, sogenannte Critical Loads, festgelegt. Diese liegen für Laubwälder bei 10 bis 20 Kilogramm Stickstoff pro Hektare und Jahr (kg N/ha/Jahr) und für Nadelwälder bei 5 bis 15 kg N/ha/Jahr. Werden diese Werte überschritten, muss mit schädlichen Auswirkungen auf Funktion und Struktur von Waldökosystemen gerechnet werden. Die Stickstoffeinträge in Schweizer Wälder können mithilfe von Modellen berechnet werden: Sie betragen zwischen 5 und 65 kg N/ha/Jahr (Abb. 2.1.2). Die Werte übersteigen die Grenzwerte in 90 Prozent der Flächen. Im Mittelland – wo die lokalen Emissionen am höchsten sind – werden auch die Grenzwerte am stärksten überschritten. Auch am Alpennordrand und im Tessin werden die Grenzwerte überschritten. Zu den wenigen Gebieten, in welchen die Grenzwerte unterschritten werden, gehören die niederschlagsarmen inneralpinen Seitentäler.

Auswirkungen auf Waldökosysteme

Chronische Einträge von Luftschadstoffen können langsame, nur verzögert sichtbare Veränderungen bewirken. Über schweizerische und europäische Netze von Walddauerbeobachtungsflächen lassen sich allfällige Veränderungen frühzeitig erkennen. Die Quantifizierung der jährlichen Nitratauswaschung auf solchen Dauerbeobachtungsflächen zeigt, dass bei erhöhten Stickstoffeinträgen das Auswaschungsrisiko zunimmt. Solche Stickstoffauswaschungen weisen auf eine Stickstoffsättigung von Wäldern hin (Kap. 5.1). Ausserdem zeigen chemische Untersuchungen an Blättern von Buchen und Nadeln von Fichten, dass seit 1984 die Phosphorkonzentration abnimmt, insbesondere in Gebieten mit hohen Stickstoffeinträgen. Damit gerät der Nährstoffhaushalt der Bäume aus dem Gleichgewicht, was unter anderem die Resistenz gegenüber Parasiten, Trockenheit und Frost vermindern kann (Flückiger und Braun 2011).

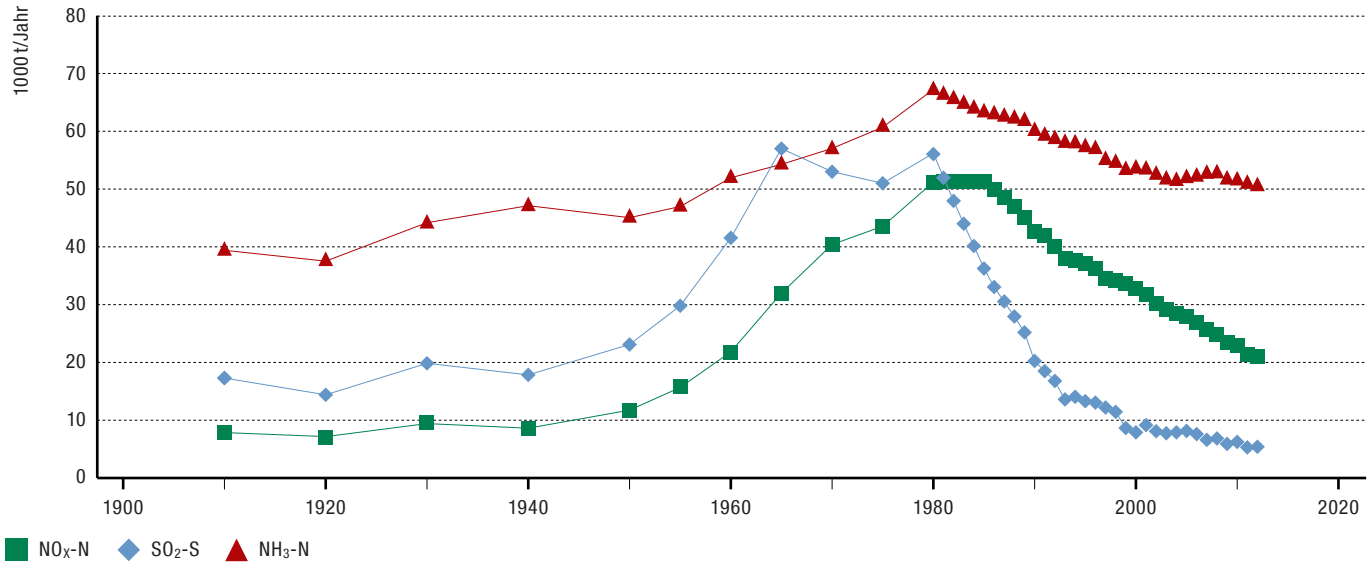


Abb. 2.1.1 *Emissionen von Stickoxiden (NO_X), Schwefeldioxid (SO_2) und Ammoniak (NH_3) in der Schweiz von 1910 bis 2012, angegeben in Kilotonnen S/Jahr und in Kilotonnen N/Jahr. Quelle: BAFU 2014a*

Das Biodiversitäts-Monitoring Schweiz (BDM 2013) zeigte für das Ökosystem Wald auf, dass mit zunehmenden Stickstoffeinträgen vermehrt Pflanzen in der Bodenvegetation vorkommen, welche stickstoffreiche Verhältnisse anzeigen.

Ozon

Ozon (O_3) wirkt als Oxidationsmittel und kann die Photosyntheseleistung von Pflanzen reduzieren. Ozon ist ein Luftschadstoff, der bei hohen sommerlichen Temperaturen und UV-Strahlung durch chemische Reaktionen von Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen entsteht. In der Schweiz sinken die Spitzenkonzentrationen seit den 1980er-Jahren, hingegen nimmt die mittlere Belastung zu. In Zukunft kann die Bedeutung dieses Luftschadstoffes wegen des Klimawandels steigen. Ozon wird von der Pflanze durch die Spaltöffnungen in das Blattinnere aufgenommen. Sowohl die Aufnahme (Ozonfluss) als auch die Ozonempfindlichkeit variieren stark von Baumart zu Baumart. Eine Expertengruppe der UNECE hat aufgrund von Begasungsexperimenten Grenzwerte für den Ozonfluss festgelegt: Für Buchen liegt der kritische Wert bei 4 Millimol pro Quadratmeter und Jahr (mmol/m²/Jahr), was einer Wachstumsreduktion von 4 Prozent entspricht. Für Fichten liegt der kritische Wert bei 8 mmol/m²/Jahr, entsprechend einer Wachstumsreduktion von 2 Prozent. Mit einer Kombination von Messdaten und Modellrechnungen wird für die Schweiz ein mittlerer Ozonfluss von 17,7 mmol/m²/Jahr für Buchen und 27,3 mmol/m²/Jahr für Fichten geschätzt. Daraus lässt sich eine mittlere Wachstumsreduktion von rund 11 Prozent pro Jahr abschätzen (Braun et al. 2014).

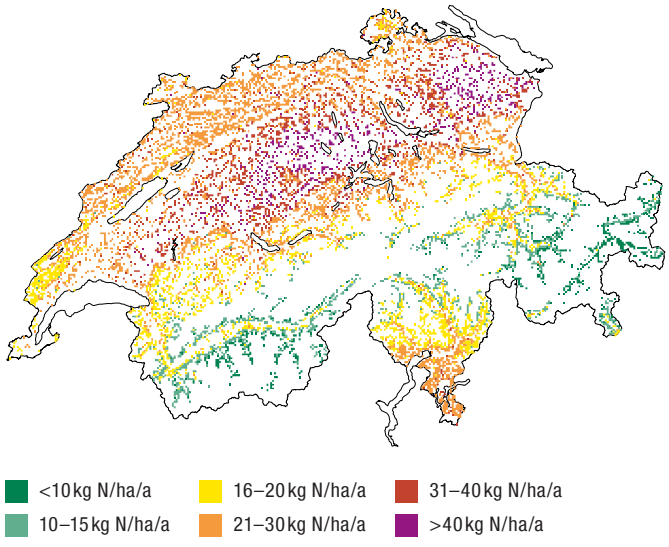


Abb. 2.1.2 *Die Stickstoffeinträge in Schweizer Wälder betragen zwischen 5 und 65 kg N/ha/Jahr. Die Grenzwerte für Waldökosysteme liegen bei 5–20 kg N/ha/Jahr. Quelle: BAFU/Meteotest*

2.2 Boden

Elisabeth Graf Pannatier, Oliver Thees, Stephan Zimmermann, Sabine Braun, Sabine Augustin

> *Der Nährstoffgehalt eines Bodens hängt von der Geologie, dessen Alter sowie dessen Nutzungsgeschichte ab und ist ein wichtiger Faktor für die Nährstoffversorgung der Bäume. Auch aus der Luft gelangen heute Nährstoffe in den Boden, davon in übermässiger Menge Stickstoff.*

> *Im Vergleich zum Waldbericht 2005 hat sich die Datengrundlage aufgrund der grösseren Anzahl untersuchter Standorte und Böden stark verbessert. Dies ermöglicht es, die zeitliche Entwicklung der Chemie des Bodenwassers auszuwerten.*

> *20 Prozent der untersuchten Böden weisen geringe Vorräte an Kalzium auf. Ein zusätzlicher Verlust an Nährstoffen kann die nachhaltige Bodenfruchtbarkeit beeinträchtigen.*

> *Als Folge der Abnahme der Schwefeleinträge aus der Luft sind auch die Sulfatkonzentrationen im Bodenwasser mehrheitlich zurückgegangen. Die Stickstoffeinträge dagegen sind nach wie vor hoch und können zu hohen Nitratauswaschungen und Nährstoffverlusten führen.*

> *Falls die Holzernte als Vollbaumnutzung ausgeführt wird, kann sie an empfindlichen Standorten die nachhaltige Bodenfruchtbarkeit beeinträchtigen.*

Nährstoffvorräte im Boden

Der Nährstoffgehalt der Böden in der Schweiz hängt von der Geologie, ihrem Alter, dem Wasserhaushalt, ihrer Nutzung sowie den atmosphärischen Einträgen ab und ist für die Nährstoffversorgung der Bäume bedeutend. Wichtige Nährelemente für das Zellwachstum von pflanzlichen Organen sind Kalzium, Kalium, Magnesium, Phosphor und Stickstoff. Im Folgenden wird Kalzium vertieft behandelt. Ein Mangel an Kalzium beeinträchtigt biochemische Prozesse und kann das Wachstum von Spross und Wurzeln vermindern oder zu Vergilbungen von Blättern und Nadeln oder anderen sichtbaren Symptomen führen. Die Baumarten stellen unterschiedliche Ansprüche an die Nährstoffversorgung mit Kalzium. Für die Beurteilung der Kalziumvorräte in Waldböden werden oft die Mengen in den obersten 40 Zentimetern des Mineralbodens und der organischen Auflage herangezogen. Dies ist meistens der wichtigste Bereich für die Versorgung der Bäume mit Nährstoffen.

Gemäss dem Arbeitskreis Standortskartierung (1996) werden die Kalziumvorräte in 7 Klassen gegliedert – von «sehr gering» bis «sehr hoch». Es wurden 1240 Bodenprofile untersucht (Abb. 2.2.1). Böden mit sehr geringem bis geringem Kalziumvorrat (9 % bzw. 11 % aller Böden) liegen vor allem im Tessin, im Kristallin der Zentralalpen sowie im Mittelland (Abb. 2.2.2). Dabei handelt es sich um saure Ausgangsgesteine, welche zu Böden mit tiefen pH-Werten führen. Im Mittelland kommen Böden mit tiefen Kalziumvorräten besonders häufig im Raum Emmental (BE), Langenthal (BE/AG), im Berner Napfgebiet sowie im Gebiet Zugerberg (ZG) und Höhronen bis Schmerikon (SG) am Obersee vor. Ein wichtiger Grund dafür ist, dass diese Gebiete während der letzten Eiszeit nicht vergletschert waren und dass frühere Moränenschichten bis auf die saure Molasse wegerodiert wurden. Böden mit hohen bis sehr hohen Kalziumvorräten (15 % bzw. 33 % aller Böden) finden sich vor allem im Jura und in den Kalkalpen. Im Gegensatz zu den Böden mit saurem Ausgangsmaterial werden hier bei der Verwitterung des karbonathaltigen Gesteins ständig grosse Mengen Kalzium freigesetzt. Die Böden mit mittleren Kalziumvorräten (32 % aller Böden) sind über die ganze Schweiz verteilt.

Die Standorte mit geringen Kalziumvorräten sind stärker versauert. Sie beherbergen weniger Bodenorganismen, welche das Laub und herabfallende Nadeln abbauen. Dadurch wird die Streu langsamer abgebaut, es bildet sich eine organische Auflage, und den Pflanzen stehen weniger Nährstoffe zur Verfügung. Je geringer der Kalziumvorrat ist, desto grösser ist der in der organischen Auflage gebundene Anteil des Vorrates. Aus der Streuauflage freigesetzte organische Säuren tragen zusätzlich zur Versauerung des Oberbodens bei. Durch die Waldbewirtschaftung lässt sich diese Säureproduktion verringern. In Mischbeständen beispielsweise kann die Streu leichter abgebaut und mineralisiert werden, was die Verfügbarkeit von Nährstoffen beschleunigt.

Bodenversauerung

Die im Boden säurebildenden Prozesse und die atmosphärischen Einträge können die Bodenversauerung erhöhen. Die Verwitterung wirkt – abhängig vom Mineralbestand des Bodens – der Versauerung entgegen. Ist die Rate der Verwitterung geringer als die Säureeinträge, versauern Böden.

Bei einer fortschreitenden Versauerung sinkt der pH-Wert, und die Basensättigung nimmt ab, das heisst, der Vorrat an basischen Nährstoffkationen (Kalzium, Magnesium, Kalium) wird vermindert. Bodenversauerung führt nicht nur zu Nährstoffverlusten, sondern kann auch einen Anstieg von sauren Kationen (z. B. Aluminium) zur Folge haben. Dies vermag das Wurzelwachstum zu hemmen oder auf Wurzeln toxisch zu wirken. Durch eine Untersuchung des Bodenwassers lassen sich solche Prozesse nachweisen. Dazu werden Sammelgeräte installiert, welche die chemische Zusammensetzung des Bodenwassers langfristig überwachen und Aussagen über deren zeitliche Entwicklung erlauben. Die Zusammensetzung des Bodenwassers wird durch atmosphärische Einträge, Austauschprozesse zwischen Bodenfestphase und Wasser sowie durch den Abbau von organischen Substanzen beeinflusst.

Die Säureeinträge aus der Luft beeinflussen die chemische Zusammensetzung der Bodenlösung und führen zum Verlust von basischen Kationen und damit zu einer Bodenversauerung.

Seit 1997 wird in der Schweiz die Chemie der Bodenlösung in Waldflächen mit unterschiedlichen Baumarten, Bodeneigenschaften und Luftbelastungen untersucht. Heute gibt es 50 Beobachtungsflächen, in Europa sind es ungefähr 350. Auf diesen Flächen wird das Bodenwasser kontinuierlich gesammelt und alle 2 bis 4 Wochen analysiert. Um Aussagen zur Entwicklung der Bodenlösung zu machen, wurden 29 Flächen, für die es im Oberboden durchgehende Messreihen von 2002 bis 2012 gibt, vertieft untersucht. Diese Langzeituntersuchungen zeigen, dass die Versauerung vom Standort abhängig ist (Braun und Flückiger 2012; Graf Pannatier et al. 2012). In 23 der 29 Flächen haben die Konzentrationen von Sulfat abgenommen (Abb. 2.2.3), was eine Folge der sinkenden Schwefeleinträge ist. Die Auswaschung von basischen Kationen oder Aluminium in sauren Böden bleibt jedoch hoch, weil die Stickstoffeinträge weiterhin gross sind. In 25 der 29 Flächen sank das Verhältnis zwischen basischen Nährstoffkationen zu Aluminium (Abb. 2.2.4). Fachleute nennen das Verhältnis zwischen den Nährstoffen Kalzium, Magnesium und Kalium zu Aluminium das BC/AI-Verhältnis. Es beeinflusst das Pflanzenwachstum und ist ein wichtiger Indikator für Bodenversauerung: Eine Abnahme weist auf eine Versauerung hin.

Abb. 2.2.1 *Bodenprofil einer stark versauerten Braunerde. Foto: S. Zimmermann*

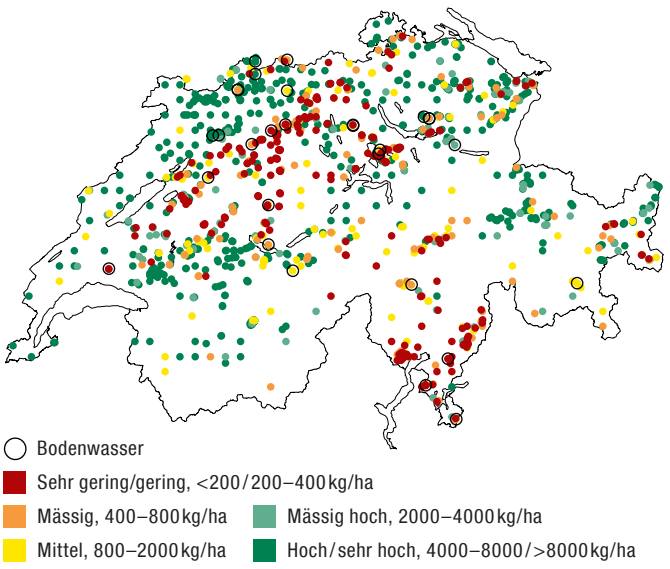


Abb. 2.2.2 *Kalziumvorräte in den obersten 40 Zentimetern des Mineralbodens inklusive organischer Auflage. Untersucht wurden 1240 Bodenprofile. Die Daten sind in 5 Gruppen gegliedert gemäss den 7 Klassen «sehr gering» bis «sehr hoch» (Arbeitskreis Standortskartierung 1996). Mit «Bodenwasser» ist die Lage der 29 Untersuchungsflächen gekennzeichnet. Quelle: WSL, IAP*

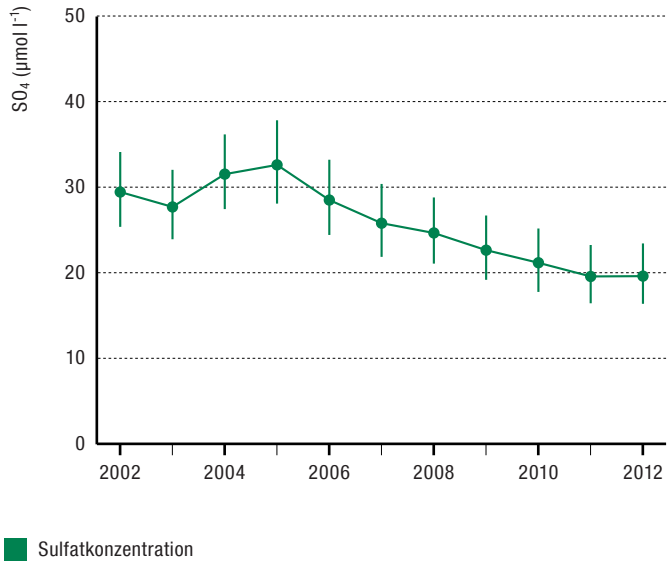


Abb. 2.2.3 *Entwicklung der mittleren Konzentrationen von Sulfat (SO_4) im Oberboden (0–40 cm) zwischen 2002 und 2012 auf 29 Flächen. Quelle: WSL, IAP*

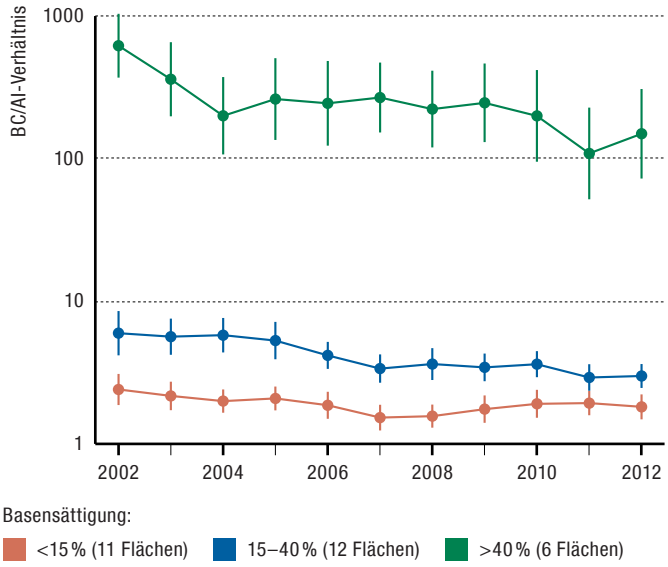


Abb. 2.2.4 *Mittleres BC/Al-Verhältnis im Bodenwasser von 29 Flächen mit unterschiedlicher Basensättigung im Oberboden (0–40 cm). Quelle: WSL, IAP*

Nährstoffentzug durch Holzernte

Dem Waldboden werden laufend Nährstoffe entzogen oder zugeführt (Abb. 2.2.5). Nährstoffausträge erfolgen grundsätzlich durch die Holzernte und die Auswaschung mit dem Bodenwasser. Nährstoffeinträge entstehen einerseits durch die Verwitterung des Ausgangsgesteins und die Mineralisation organischer Substanzen (v. a. durch den Abbau des Herbstlaubes), anderseits durch die atmosphärische Deposition.

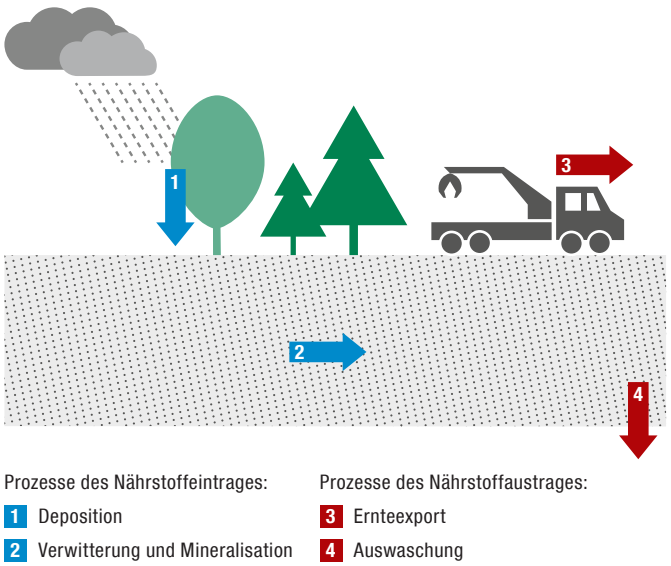


Abb. 2.2.5 *Nährstoffflüsse eines Waldökosystems mit Holznutzung: Austräge durch Ernte und Auswaschung, Einträge durch Verwitterung und über die Luft.*
Quelle: Illustration nach Lemm et al. 2010

Durch die Förderung der erneuerbaren Energien und die technische Rationalisierung der Holzernte ist zu erwarten, dass die Vollbaumnutzung zunimmt. Sie ermöglicht es, zusätzliches Energieholz zu nutzen und gleichzeitig die Kosten zu senken. Vollbaumnutzung bedeutet, dass nicht nur das Schaftholz und seine Rinde, sondern auch Äste, Reisig, Nadeln und manchmal auch Blätter aus dem Waldbestand entnommen werden. Der Nährstoffentzug erhöht sich hierdurch erheblich und kann – je nach Waldstandort und Intensität der Nutzung – die Nährstoffversorgung beeinträchtigen. Die Bodenfruchtbarkeit kann dadurch gefährdet sein, vor allem an nährstoffarmen Waldstandorten. Negative Auswirkungen lassen sich vermindern, indem namentlich an sensitiven Standorten die Zahl der Eingriffe mit Vollbaumnutzung reduziert und grosse Anteile der Baumkrone im Bestand belassen werden. Heute wird in der Schweiz auf 12 Prozent der Waldfläche die Vollbaumnutzung angewendet, in den Alpen und Voralpen sogar etwas häufiger. Hier stellt diese Erntemethode insbesondere für die Bewirtschaftung des Schutzwaldes eine wirtschaftlich effiziente Methode dar und trägt dazu bei, die Bewirtschaftung auch weiterhin zu gewährleisten. Die Zertifizierungen PEFC und FSC (Kap. 3.4) lassen die Vollbaumnutzung zu, schränken sie aber ein: Erntereste – Äste, Reisig, Nadeln und Blätter – müssen in einem Umfang im Bestand verbleiben, der dafür sorgt, dass die Nährstoffversorgung langfristig nicht gefährdet wird.

Zurzeit liegen erste Grundlagen vor zu den ökologischen und wirtschaftlichen Auswirkungen einer intensivierten Nutzung von Ästen, Reisig und Nadeln sowie zu Massnahmen, welche die negativen Folgen mindern. Allerdings müssen diese zuerst noch vertieft und für die Umsetzung aufbereitet

werden. In der Schweiz und im benachbarten Ausland arbeiten deshalb Forstwissenschaft und -praxis daran, den Nährstoffentzug durch Holzernte zu quantifizieren und die langfristigen Risiken für das Ökosystem und die Holzproduktion zu beurteilen (Lemm et al. 2010). Bei der Umsetzung der Erkenntnisse geht es darum, das Nährstoffgleichgewicht der Waldböden im Rahmen der forstlichen Planung zu berücksichtigen und diesen Aspekt im Hinblick auf eine umfassende Nachhaltigkeit zu werten (Abb. 2.2.6).

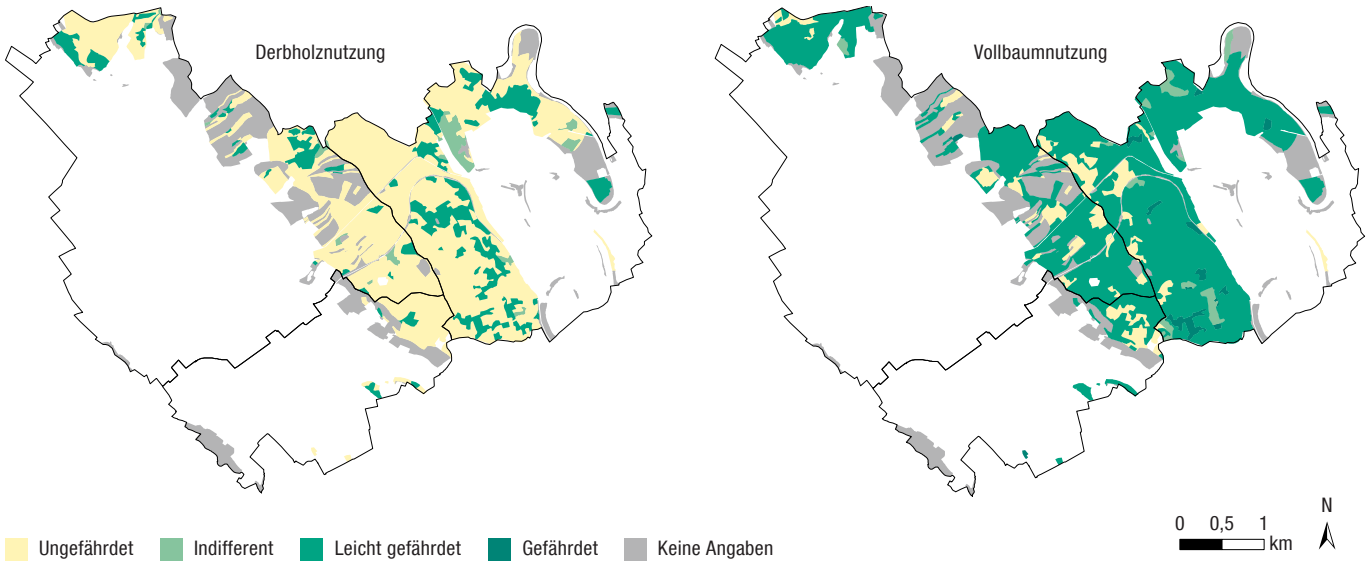


Abb. 2.2.6 *Bodengefährdung durch Nährstoffentzug bei 2 Bewirtschaftungsvarianten im Aargauer Forstbetrieb Wagenrain nach Nährstoffbilanzierungsmodell NBM. Derbholz: oberirdisches Holz mit einem Durchmesser von über 7 Zentimeter in Rinde; Vollbaum: Baum, inkl. Ästen, Reisig, Nadeln und Blättern, aber ohne die Wurzel. Quelle: Lemm et al. 2010*

2.3 Zustand Baumkronen

Andreas Schwyzer, Christian Hug, Peter Waldner

> *Der Waldbericht 2005 stellte fest, dass die Kronenverlichtung zwischen 1985 und 1995 zunahm. Seither hat sich der Zustand der Baumkronen stabilisiert, zeigt aber grosse jährliche Schwankungen.*
> *Klimatische Extremereignisse wie die Orkane «Vivian» und «Lothar», der Hitzesommer 2003 sowie die Frühjahrstrockenheit 2011 führten vorübergehend zu einer Verschlechterung des Kronenzustandes und zu einer erhöhten Mortalität.*
> *Die durch Extremereignisse geschwächten Bäume waren anfälliger für einen stärkeren Insekten- oder Pilzbefall, was zeitweise zu einer erhöhten Kronenverlichtung und Mortalität führte.*
> *Der Kronenzustand kann zudem durch Standortfaktoren wie Vernässung der Böden, tiefe pH-Werte und Nährstoffressourcen beeinflusst werden.*

Zustand

Der Zustand des Schweizer Waldes wird seit 1985 mit der Sanasilva-Inventur erfasst. Dafür werden jedes Jahr auf rund 50 Probeflächen des Landesforstinventars (LFI) etwa 1000 Bäume beurteilt (Grafik II). Mit den gleichen Methoden werden im ICP Forests (International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests) in fast allen Ländern Europas vergleichbare Daten erhoben. Einer der wichtigsten und aussagekräftigsten Indikatoren, um den Zustand des Waldes zu beschreiben, ist die Kronenverlichtung (Nadel-/Blattverlichtung NBV), die im Vergleich mit einem voll belaubten oder benadelten Baum angegeben wird. Für die wichtigsten Baumarten gibt es Referenzbilder mit verschiedenen Verlichtungsgraden, die gewährleisten, dass die Bäume immer nach den gleichen Kriterien beurteilt werden (Müller und Stierlin 1990). Bäume mit mehr als 25 Prozent Kronenverlichtung gelten als geschädigt. Da eine einmalige Beurteilung der Kronenverlichtung nicht ausreicht, um einen Baum als «gesund» oder «krank» zu klassieren, braucht es langjährige Zeitreihen. Nur durch langfristige Beobachtungen können Veränderungen des Gesundheitszustandes des Waldes zuverlässig festgestellt werden.

Entwicklung des Kronenzustandes

Der Anteil an stark verlichteten Bäumen (NBV >25–95 %) nahm zwischen 1985 und 1995 deutlich zu (Abb. 2.3.1). Seither zeigt sich kein langfristiger Trend mehr, hingegen fallen die grossen Schwankungen der Kronenverlichtung auf: Diese steigt jeweils rasch an und geht langsam wieder zurück. Ein Maximum erreichten die Werte in den Jahren 1995, 2000, 2004 und 2012. Kurz vor jedem Maximum finden sich die tiefsten Werte (1999, 2003 und 2009). Dieser Verlauf deutet darauf hin, dass die Schwankungen nicht durch eine langsame Umweltveränderung ausgelöst wurden, sondern durch kurzfristige Extremereignisse. Die Sanasilva-Inventur erhebt auch die Ursachen für Kronenverlichtungen, wie Witterung – hauptsächlich Sturm, Frost und Trockenheit – sowie Schäden durch Insektenfrass. Somit erlaubt sie es, Aussagen zu machen über die wichtigsten Gründe für den Anstieg der Kronenverlichtung. Abbildung 2.3.1 zeigt, dass aussergewöhnliche klimatische Ereignisse direkt oder indirekt zu einem Anstieg der Kronenverlichtung führen. Nach dem Orkan «Lothar» (1999), dem Hitzesommer 2003 und der Frühjahrstrockenheit

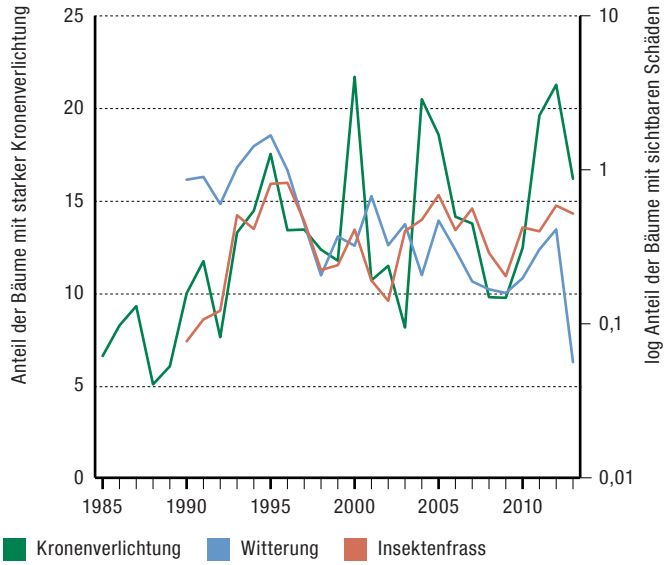


Abb. 2.3.1 *Entwicklung des Anteils von Bäumen mit starker Kronenverlichtung (NBV >25–95 %) sowie der Schäden durch Witterung und Insektenfrass. Quelle: Sanasilva-Inventur*

2011 erreichte die Kronenverlichtung jeweils ein Maximum. Solche klimatischen Ereignisse machen die Bäume anfälliger für einen Befall durch Insekten oder Pilze. Der Verlauf der Insekten- und Pilzschäden widerspiegelt die Entwicklung der Kronenverlichtung relativ genau. So lässt der Pilz *Hymenoscyphus pseudoalbidus* (Nebenfruchtform: *Chalara fraxinea*), der ursprünglich aus Asien kam, grosse Teile der Eschenkronen absterben (Zhao et al. 2013; Eschenwelke, Kap. 2.4). Ausserdem wird die Entwicklung des Kronenzustandes lokal – je nach Standort und Baumart – durch weitere Faktoren beeinflusst, beispielsweise vernässte Böden, tiefe pH-Werte sowie eine knappe Verfügbarkeit an Stickstoff oder Magnesium (Dobbertin et al. 2012; Thimonier et al. 2010).

Die Reaktionen von Laubbäumen auf klimatische Ereignisse unterscheiden sich von denjenigen der Nadelbäume, allerdings nur geringfügig (Abb. 2.3.2). So stieg die Kronenverlichtung nach dem Hitzesommer 2003 bei den Laubbäumen stärker an als bei den Nadelbäumen und ging danach schneller zurück. Nadelbäume reagierten hingegen empfindlicher auf Sturmereignisse.

Mortalität

Die Mortalitätsrate zeigt keinen langfristigen Trend und bewegt sich seit 1985 um 0,5 Prozent (Abb. 2.3.3). In den ersten Jahren nach Beginn der Sanasilva-Aufnahmen 1985, nach dem Hitzesommer 2003 und nach der Frühlingstrockenheit 2011 nahm die Sterberate zu und lag mit 0,7 und 0,8 Prozent über dem langjährigen Durchschnitt von 0,5 Prozent. Laubbäume, welche hauptsächlich in tieferen Lagen wachsen, sind nach den Trockenperioden von 2003 und 2011 häufiger gestorben als Nadelbäume, welche in den von Trockenheit weniger betroffenen höheren Lagen vorkommen. Dies deutet darauf hin, dass die Wasserverfügbarkeit wichtig ist und dass sie sowohl die Kronenverlichtung als auch die Mortalitätsrate beeinflusst.

Ein Experiment, das die WSL seit 2002 im Wallis durchführt, bestätigt diese Beobachtung: Waldföhren an Trockenstandorten reagieren auf erhöhte Wasserverfügbarkeit mit stärkerem Nadelwachstum, zurückgehender Kronenverlichtung und sinkender Mortalitätsrate (Dobbertin et al. 2010). Auch europaweite Untersuchungen stimmen mit diesen Ergebnissen überein: Die meisten Standorte in Zentral- und Nordeuropa bleiben stabil, während im seit Jahren von Trockenheit geplagten Mittelmeerraum eine dramatische Zunahme der Nadel- und Blattverluste zu verzeichnen ist, und zwar für sämtliche Hauptbaumarten (Carnicer et al. 2011).

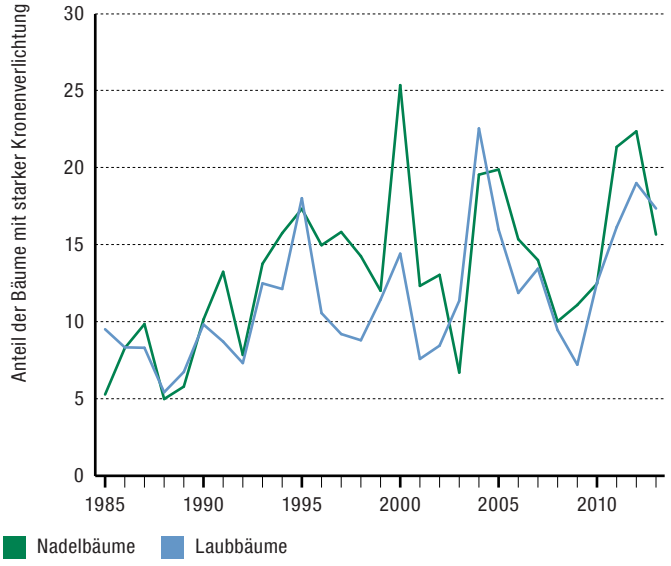


Abb. 2.3.2 *Anteil der Laub- und Nadelbäume mit starker Kronenverlichtung (NBV >25–95 %). Quelle: Sanasilva-Inventur*

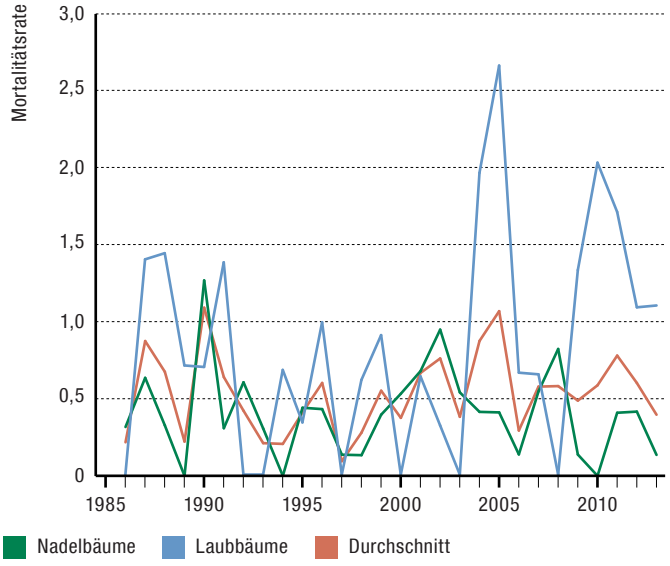


Abb. 2.3.3 *Entwicklung der Mortalitätsrate von Laub- und Nadelbäumen. Quelle: Sanasilva-Inventur*

2.4 Waldschäden

Thomas Wohlgemuth, Marco Conedera, Roland Engesser, Beat Wermelinger, Michael Reinhard, Beat Forster, Franz Meier

> *Der voranschreitende Klimawandel stellt für den Wald und die Waldbewirtschaftung eine wachsende Herausforderung dar.*
> *Von 2005 bis 2012 ereigneten sich, abgesehen vom Hochwasser 2005, wenige aussergewöhnliche Naturereignisse mit meist nur moderaten direkten Folgeschäden für den Wald.*
> *Der Klimawandel erhöht zwar das Risiko für Waldbrände, doch eine verbesserte Prävention kann die Gefahr von grossen Schäden vermindern.*
> *Mehr Wärme und Trockenheit erhöhen das Risiko eines Befalls durch forstliche Schadinsekten, was zum Absterben gestresster Individuen führen kann.*
> *Durch den globalen Warenhandel werden zunehmend fremde Organismen eingeschleppt. Meistens treten sie zuerst im urbanen Grünbereich auf. Deshalb sollte dort ein Monitoring als Frühwarnsystem für waldrelevante Schadorganismen etabliert werden.*
> *Insbesondere Zierpflanzen und Verpackungsholz müssen international und national strenger auf fremde Organismen kontrolliert werden.*

Klimawandel und abiotische Naturereignisse

Weltweit werden die Temperaturen aufgrund des Klimawandels weiter ansteigen – so auch in der Schweiz. Als Folge davon dürften Häufigkeit und Ausdehnung abiotischer Extremereignisse zunehmen. Das Risiko für Waldschäden kann durch verschiedene Massnahmen vermindert werden: durch eine Stärkung der Widerstandskraft bestehender Wälder, durch die Verbesserung der Anpassungsfähigkeit der Waldverjüngung oder durch organisatorische Massnahmen wie die Waldbrandprävention. Die folgenden Einschätzungen verknüpfen die Erfahrungen aus Extremereignissen während der Periode von 2005 bis 2012 mit Szenarien zum Klimawandel in der Schweiz.

Waldbrand

Im Zeitraum von 2005 bis 2012 wurden im Mittel pro Jahr 40 Brände in den Kantonen Tessin (Alpensüdseite), Wallis und Graubünden (Zentralalpen) registriert, mit einer durchschnittlich abgebrannten Fläche von 101 Hektaren pro Jahr (Abb. 2.4.1). Seit 2008 ereigneten sich in den restlichen Kantonen der Schweiz (Alpennordseite) im Mittel 31 Brände mit einer jährlich verbrannten Fläche von 6 Hektaren. In den letzten Jahren wurden Brandereignisse nördlich der Alpen häufiger gemeldet, was eine Folge der landesweiten Einführung der Waldbranddatenbank (WSL-BAFU) im Jahr 2008 ist. Die grössten Waldbrände waren diejenigen vom 23. April 2007 in Ronco sopra Ascona (TI) mit mehr als 200 Hektaren und vom 26. April 2011 in Visp (VS) mit 130 Hektaren zerstörtem Wald. Im Vergleich zur Periode von 1980 bis 2004 reduzierte sich die jährliche Anzahl der Waldbrände auf der Alpensüdseite und in den Zentralalpen für die Jahre 2005 bis 2012 von 101 auf weniger als die Hälfte (40). Bei der jährlichen Schadenfläche sank der mittlere Wert von 477 Hektaren auf 101 Hektaren.

Ein Grund für diesen Rückgang dürfte die zunehmende Anwendung von Waldbrandschutzstrategien sein. Dazu gehören die regionale und die landesweite Einschätzung der Gefahrensituation durch die Analyse der Wetterdaten, die interne Organisation der Feuerwehren zur Verbesserung der Brandbekämpfung sowie der Bau von Infrastrukturen, welche Wasserentnahmestellen in prioritären Gebieten gewährleisten. Im Zeitraum von 2005 bis 2012 waren die durch Waldbrand entstandenen Schäden kleiner als diejenigen, die durch Windwurf oder Käferbefall verursacht wurden.

In der Schweiz wird das Waldbrandrisiko langfristig generell zunehmen, da infolge des Klimawandels vermehrt Hitzewellen sowie längere Trockenperioden auftreten werden. Zur Minderung dieses Risikos entwickeln die nationalen und kantonalen Forstbehörden Waldbrandschutzstrategien im waldbaulichen Bereich, aber auch eine verbesserte Warnung der Bevölkerung bei Gefahr. Seit Inkrafttreten der Alarmierungsverordnung am 1. Januar 2011 sind Bund und Kantone verpflichtet, die Bevölkerung über die Waldbrandgefahr zu

informieren, sodass die entsprechende Gefahreneinschätzung systematisch und flächendeckend erfolgt.

Windwurf

Orkanartige Winde treten in der Schweiz hauptsächlich im Rahmen von Winterstürmen auf und verursachen in unregelmässigen Abständen grosse Waldschäden – am häufigsten in den Monaten Januar und Februar. Von 2005 bis 2012 blieb die Schweiz von verheerenden Stürmen weitgehend verschont. So waren die Sturmholzmengen in dieser Periode klein im Vergleich zu den Schäden, die der Orkan «Kyrill» im benachbarten Deutschland verursachte, oder 1999 der Orkan «Lothar» mit 13 Millionen Kubikmetern Sturmholz allein in der Schweiz: Im Januar 2007 entstanden durch den Orkan «Kyrill» im schweizerischen Mittelland Schäden mit rund 100 000 Kubikmetern Sturmholz, im März 2008 folgten «Emma» im Mittelland und in den Voralpen mit 50 000 Kubikmetern sowie «Quinten» im Februar 2009 mit rund 200 000 Kubikmetern.

Winterstürme, die in Mittel- und Nordeuropa die meisten Windwürfe im Wald verursachen, sind Teil von extratropischen Zyklonsystemen. Gemäss den aktuellen Einschätzungen des Weltklimarats IPCC dürften sich diese bis 2050 stärker gegen den Nordpol hin bewegen, wodurch die südlichen Teile Mitteleuropas, und somit die Schweiz, weniger häufig von Winterstürmen getroffen werden sollten. Dies hiesse, dass das Windwurfrisiko längerfristig sinken dürfte, was gegenüber früheren Annahmen eine neue Situation darstellen würde. Allerdings haben in Zürich, wo wohl die weltweit längste Windmessreihe besteht, in den letzten Jahrzehnten (bis 2008) die jährlich aufsummierten Böenspitzen zugenommen (Usbeck et al. 2010).

Ausser der Windstärke beeinflusst auch die Bestandeshöhe das Ausmass der Schäden: Je höher die Bäume, desto grösser sind die Schäden. Auswertungen der Lothar-Schadenflächen im schweizerischen Mittelland zeigten, dass dieser Zusammenhang bei Nadelholz deutlicher ist als bei Laubholz (Dobbertin et al. 2002). Mit waldbaulichen Massnahmen können die Anfälligkeit eines Bestandes auf Windwürfe reduziert und dadurch auch die Schäden vermindert werden. Sie sollten zum Ziel haben, den Waldaufbau anzupassen, beispielsweise durch Vorratsreduktion oder Erhöhung der Baumartenvielfalt sowie der horizontalen und vertikalen Strukturierung.

Wärme, Trockenheit und Interaktionen

Das Schadenspotenzial in Wäldern steigt durch die Wechselwirkung verschiedener klimatischer Extremereignisse. Zwei Ereignisse haben dies in den vergangenen 15 Jahren deutlich gezeigt. Das erste Beispiel ist die enorme Zunahme der Fichtenborkenkäfer, die in «Lothar»-Windwurfflächen begann und durch warme Sommer – speziell durch den Hitzesommer 2003 – zu Käferholzmengen in bisher unbekanntem Ausmass führte. Das zweite Beispiel ist die Wirkung von wiederkehrender Trockenheit auf das Baumwachstum: Letztere führt zu einer Zunahme des Befalls durch Schadorganismen und leitet letztlich das Absterben wiederholt gestresster Individuen ein. Dieses Phänomen wurde in den Tieflagen des Walliser Rhonetals, im Churer Rheintal sowie im Domleschg festgestellt. Bei einer weiteren Klimaerwärmung ist in den zentralen Alpentälern mittelfristig damit zu rechnen, dass Bäume –

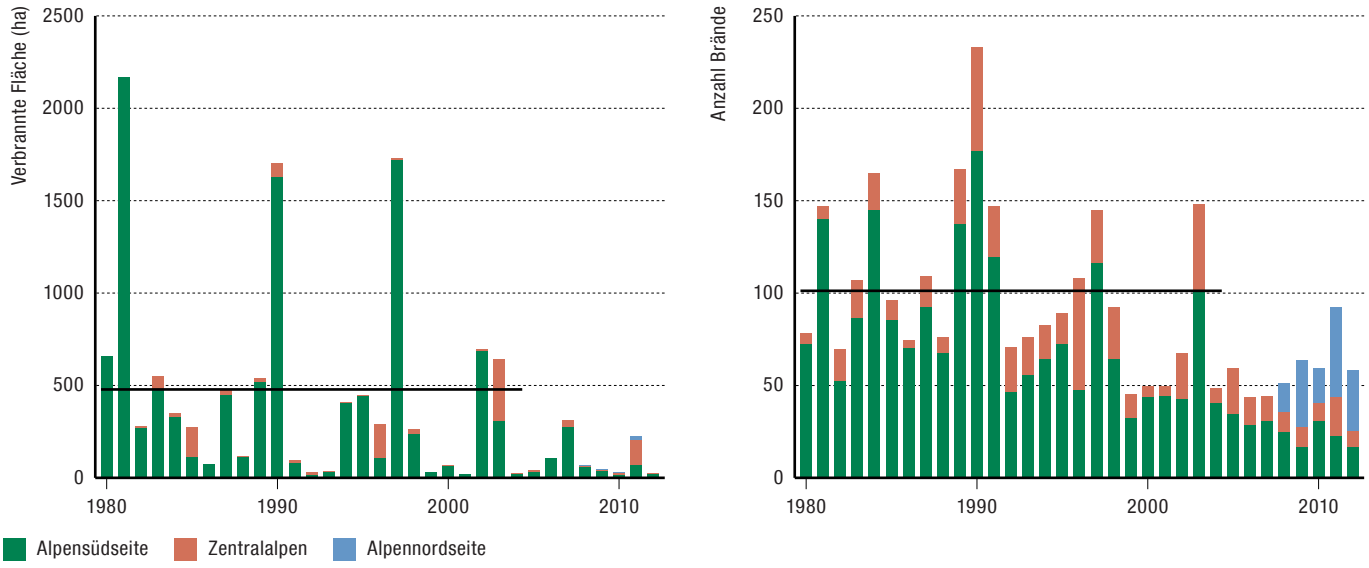


Abb. 2.4.1 *Verbrannte Fläche (links) und Anzahl Waldbrände (rechts) in der Schweiz von 1980 bis 2012 in 3 Regionen. Die waagrechten Linien geben die mittleren Werte der betrachteten Perioden für die Zentral- und die Alpensüdseite an. Für die Alpennordseite sind die Brandmeldungen erst seit 2008 konsistent erfasst und entsprechend dargestellt. Quelle: Waldbranddatenbank*

speziell die Waldföhre – auf trockenem Untergrund noch zahlreicher absterben werden als nach der Trockenperiode von 2003 bis 2006. Aufgrund der Klimaszenarien dürften auf der Alpennord- und der Alpensüdseite die negativen Wechselwirkungen zwischen verschiedenen klimatischen Extremereignissen und Schadorganismen an Bedeutung zunehmen (vgl. unten *Invasive Schadorganismen*).

Verjüngung auf Schadenflächen

Der Hitzesommer 2003 zeigte eindrücklich, welches Niveau Hitze und Trockenheit in Zukunft häufiger erreichen könnten. In trockenen Regionen wie den inneralpinen Tälern werden bereits heute erhöhte Mortalitätsraten infolge Waldbrandes oder ausgeprägter Trockenheit verzeichnet. Dort stellt sich die Frage, ob die natürliche Baumverjüngung in Zukunft gefährdet ist. Die WSL führt mehrere Untersuchungen durch, um eine Antwort auf diese Frage zu finden. Eine Untersuchung zeigt, dass sich auf der 2003 entstandenen Waldbrandfläche von Leuk (VS) die natürliche Verjüngung in Lagen unter 1100 m ü. M. auf flachgründigen Böden deutlich weniger rasch entwickelt als in höheren Lagen. Experimente auf Schlagflächen im Churer Rheintal zeigten, dass ein Verjüngungserfolg, beispielsweise von Fichte und Waldföhre, wesentlich vom verfügbaren Niederschlag abhängt, insbesondere an rasch austrocknenden Standorten.

In Zukunft wird die Trockenheit während der Vegetationszeit wegen des Klimawandels zunehmen. An heute bereits trockenen Standorten dürfte die Waldverjüngung nach Störungen deshalb weniger häufig erfolgreich verlaufen. Der Klimawandel führt auch zu milderen Wintermonaten. Damit verändern sich die phänologischen Voraussetzungen für das Austreiben von Bäumen. Pionierarten und Neophyten können am besten davon profitieren, da sie für das Aufbrechen der Knospen eine weniger ausgeprägte Winterkälte benötigen. Sie sind gegenüber den Schlussbaumarten im Vorteil. Wärmere Temperaturen dürften generell die Ausbreitung von weniger frostresistenten Neophyten fördern (Wohlgemuth et al. 2014).

Biotische Waldschäden

Längere Trockenperioden während der Vegetationszeit schwächen die Bäume, weshalb diese anfällig werden für diverse Wurzel- und Rindenkrankheiten. So wurde im Wallis 2010 ein ausgedehntes Föhrensterben beobachtet, das durch den Rindenpilz *Cenangium ferruginosum* verursacht wurde. Betroffene Waldföhren wiesen stark rot verfärbte Kronen und Absterbeerscheinungen auf (Abb. 2.4.2). Da zwischen August 2009 und Mai 2010 kaum Regen gefallen war, dürfte diese Trockenperiode die Waldföhren erheblich geschwächt und die Krankheit ausgelöst haben. Ein *Cenangium*-Pilzbefall von Föhren wurde in der Schweiz wiederholt festgestellt. So wurde bereits 1999 im Wallis ein starker Befall im Raum von Sierre bis Visp beobachtet. Das Triebsterben dauert meist nur ein Jahr. Danach geht der Befall schnell zurück.

Schadinsekten

Hitze- und Trockenperioden erhöhen das Angebot an geschwächten Bäumen, in denen Borkenkäfer brüten können, und vermögen so, Käferepidemien auszulösen. Nach den Orkanen «Vivian» und «Lothar» entwickelten sich jeweils mehrjährige Massenvermehrungen des Buchdruckers (*Ips typographus*) mit Hunderttausenden von Kubikmetern befallener Fichten (Abb. 2.4.3). Durch den Hitzesommer 2003 wurde die durch «Lothar» ausgelöste Epidemie nochmals stark angefacht und führte zu einer Rekordmenge von insgesamt mehr als 8 Millionen Kubikmetern infiziertem Fichtenholz.

Heisse und trockene Sommer wie 2003 verursachen auch bei weiteren Insektenarten eine Populationszunahme, was sich noch 1 bis 2 Jahre später bei den Waldschäden auswirken kann. Ein Beispiel ist die Grosse Fichtenquirlschildlaus (*Physokermes piceae*), bei welcher es 2005 im Mittelland zu lokalen Massenvermehrungen kam, oft in Beständen auf Böden mit geringem Wasserspeichervermögen. Die befallenen Fichten wurden zusätzlich vom Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus*) und vom Buchdrucker heimgesucht. In den betroffenen Fichtenbeständen mit Laus- und Käferbefall erfolgten Kahlschläge von mehreren 10 000 Kubikmetern.

Abb. 2.4.2 *Waldföhren im Wallis mit auffälligen Kronenverrötungen als Folge eines Befalls mit dem Pilz* Cenangium ferruginosum *im Mai 2010. Foto: Waldschutz Schweiz*

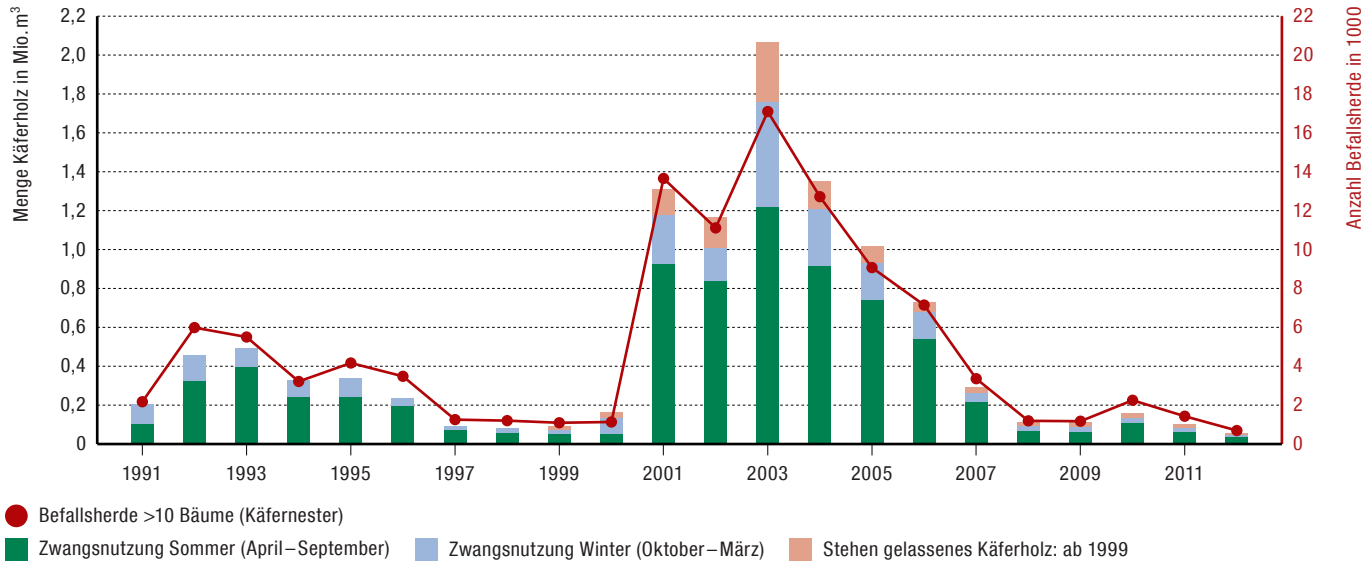


Abb. 2.4.3 *Buchdrucker* (Ips typographus)*: Menge des Käferholzes und Anzahl der Befallsherde in der Schweiz von 1991–2012. Quelle: Waldschutz Schweiz*

Invasive Schadorganismen

Weltweit haben in den letzten Jahrzehnten die Einschleppungsraten von nicht einheimischen Organismen (Neobiota) deutlich zugenommen. Für die Schweiz sind mittlerweile über 800 gebietsfremde Tiere, Pflanzen und Pilze bekannt. Vor allem Pilze und Wirbellose werden als blinde Passagiere mit Handelswaren oder Verpackungsholz verfrachtet. Vor rund hundert Jahren wurden durchschnittlich 7 neue Insektenarten pro Jahr nach Europe verschleppt, heute sind es jährlich fast 20 Arten. Die beiden eingeführten Baumkrankheiten «Ulmenwelke» (*Ophiostoma ulmi*, bzw. *Ophiostoma novo-ulmi*) und «Kastanienrindenkrebs» (*Cryphonectria parasitica*) zeigen deutlich, welche fatalen Konsequenzen die Einfuhr von ökosystemfremden Schaderregern für einheimische Waldbäume haben kann. Mit den weiter wachsenden globalen Handelsströmen dürften die Einschleppungsraten noch zunehmen.

Der wichtigste Einschleppungsweg für gebietsfremde Schadorganismen an Gehölzpflanzen ist der Handel mit lebenden Pflanzen. Diese werden aus ihren Produktionsländern über grosse Distanzen verfrachtet. Allfällig mittransportierte Schadorganismen treffen in den Einfuhrländern auf nicht angepasste Wirtspflanzen und können dort grosse Schäden verursachen. Vielfach kommen die invasiven Arten zuerst im urbanen Grünbereich vor, wo sie sich zu etablieren und zu vermehren vermögen. In der Folge können einige davon auch für Waldbäume zur Gefahr werden. Von den bisher in Europa eingeführten Arthropoden (Gliederfüsser) breiteten sich 15 Prozent auch in den Wald aus. Der Klimawandel fördert die Zunahme von Neobiota insofern, als mildere Winter ihr Überleben begünstigen und die vermehrte Sommertrockenheit die Widerstandskraft der Wirtspflanzen herabsetzen können (Wermelinger 2014). Wärmere Bedingungen führen auch dazu, dass sich Insekten- und Pilzarten klimabedingt nordwärts und/oder in grössere Höhenlagen ausbreiten.

Von den Pilzen und Insekten, die in den letzten Jahren in der Schweiz neu an Gehölzen beobachtet wurden und die sich im städtischen Grün oder im Wald bereits etabliert haben, gelten einige Arten als invasiv. Einzelne, wie der Asiatische Laubholzbockkäfer (*Anoplophora glabripennis*), könnten Waldbestände gefährden und sind deshalb als «besonders gefährliche Schadorganismen» eingestuft. Sie unterliegen einer Melde- und Bekämpfungspflicht.

Invasive Insekten

Die beiden in Europa eingeschleppten asiatischen Laubholzbockkäfer befallen Laubgehölze fast aller Arten und Grössen. Bisher bevorzugten sie Ahornarten. Vom Citrusbockkäfer (*Anoplophora chinensis;* Citrus longhorned beetle, CLB) sind bislang in der Schweiz nur 4 Fälle an importierten Zierahornen bekannt. Der Asiatische Laubholzbockkäfer (Asian longhorned beetle, ALB) hingegen befiel 2011 in Brünisried (FR), 2012 in Winterthur (ZH) und 2014 in Marly (FR) insgesamt Hunderte von einheimischen Bäumen (Abb. 2.4.4). Während der CLB Wurzeln und die unteren Stammteile befällt und vor allem mit lebenden Pflanzen eingeschleppt wird, besiedelt der ALB die ganze Stammlänge und die Kronenäste. Er gelangt meist mit Verpackungsholz in die Schweiz, beispielsweise in Lattenverschlägen für chinesischen Granit. Beide Käferarten sind meldepflichtig. In der Schweiz ist bisher noch kein Befall in Waldbeständen aufgetreten. Im Ausland sind jedoch mehrere Befälle in Feldgehölzen und Laubholzbeständen bekannt.

Abb. 2.4.4 *Der eingeschleppte Asiatische Laubholzbockkäfer (ALB;* Anoplophora glabripennis*) befällt gesunde Bäume fast aller Laubbaumarten. Foto: Doris Hölling*

Abb. 2.4.5 *Gallen der Edelkastanien-Gallwespe (*Dryocosmus kuriphilus*). Foto: Beat Forster*

Weltweit werden an den Einschleppungsorten rigorose und teils erfolgreiche Tilgungsmassnahmen durchgeführt.

Die ostasiatische Edelkastanien-Gallwespe (*Dryocosmus kuriphilus*) wurde 2009 erstmals im Tessin entdeckt (Abb. 2.4.5). Sie verursacht eine Vergallung (Verkrüppelung) der Blätter und Blüten. Dies hat zur Folge, dass einzelne Triebe absterben und die Produktion von Blättern und Früchten teilweise drastisch abnimmt. Mittlerweile sind praktisch alle Edelkastanien-Gebiete der Alpensüdseite betroffen. Auch im Chablais im Rhonetal (VS) sowie auf der Alpennordseite gibt es Befallsherde (Abb. 2.4.6). Meistens konnten diese auf den Import befallener Jungpflanzen zurückgeführt werden.

Der seit 2007 in der Schweiz vorkommende Buchsbaumzünsler (*Cydalima perspectalis*) trat bisher vor allem an Buchspflanzen in Siedlungsgebieten auf. Er hat sich innerhalb weniger Jahre durch den Verkauf von befallenem Buchs über die ganze Schweiz verbreitet. Im Raum Basel waren auch natürliche Buchsbestände im Wald betroffen, die 2010 völlig kahl gefressen wurden und sich seither nur schlecht erholen (Meier et al. 2013).

Invasive Pilze

Der 2008 erstmals in der Schweiz nachgewiesene Erreger der Eschenwelke (*Hymenoscyphus pseudoalbidus*) hat sich rasant ausgebreitet. In den 1990er-Jahren wurde der ursprünglich aus Asien stammende Pilz – vermutlich mit infizierten jungen Eschen – unbemerkt nach Polen verfrachtet. Seither kommt der Erreger infolge der grossen Ausbreitungsgeschwindigkeit von etwa 30 bis 40 Kilometern pro Jahr in ganz Europa vor. 5 Jahre nach dem erstmaligen Nachweis waren auch in der Schweiz nahezu sämtliche Eschenbestände von dieser Pilzkrankheit betroffen. In Eschen-Jungbeständen werden Ausfälle von bis zu 90 Prozent beobachtet, und auch alte befallene Eschen zeigen vermehrt starke Absterbeerscheinungen (Abb. 2.4.7).

Vom urbanen Grünbereich in den Wald ausgedehnt hat sich die Rotbandkrankheit (*Dothistroma septosporum*). Diese gefährliche Nadelkrankheit der Föhren wurde 1989 erstmals

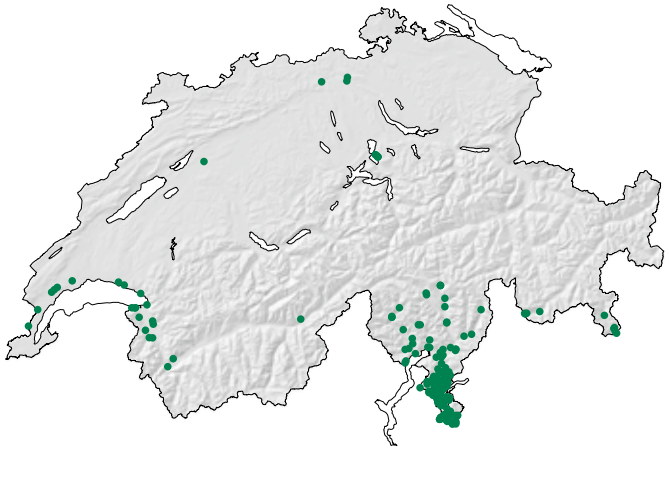


Abb. 2.4.6 *Bis Ende 2013 registrierte Befallsherde der Edelkastanien-Gallwespe (*Dryocosmus kuriphilus*).*
Quelle: Waldschutz Schweiz

in der Schweiz entdeckt. Seither hat sie sich ausgebreitet und ist heute in der nördlichen Hälfte der Schweiz sporadisch im Siedlungsraum an Bergföhren zu beobachten. In den Kantonen Graubünden und Obwalden wurde die Krankheit 2013 nun erstmals auch an Waldföhren im Wald nachgewiesen.

Massnahmen sind notwendig, um den Wald vor Schäden durch neu eingeschleppte Schadorganismen zu schützen. Zuerst muss die Anzahl Neueinschleppungen reduziert werden, was strengere internationale und nationale Regelungen und Grenzkontrollen bedeutet. In der Schweiz sollen die Monitoringaktivitäten der Pflanzenschutzdienste koordiniert und ausgebaut werden, unter Einbezug der städtischen Gartenbaudienste. Gerade im urbanen Grünbereich, wo neue Organismen zuerst auftauchen, muss ein Monitoring als Frühwarnsystem für waldrelevante Schadorganismen etabliert werden. Je früher erste Befallsherde entdeckt werden, umso kostengünstiger und erfolgversprechender ist deren Bekämpfung. Haben sich die Neobiota hingegen bereits in den Wald hinein ausgebreitet, können sie kaum mehr kontrolliert werden.

Synthese

Viele den Wald schädigende Faktoren dürften mit dem voranschreitenden Klimawandel an Bedeutung zunehmen – Sturm und Waldbrand ebenso wie Wärme und Trockenheit. Insekten oder Pilze können sich unter den veränderten Bedingungen stark vermehren und grössere Schäden anrichten, invasive Arten finden günstige Bedingungen zur Verbreitung. Vor diesem Hintergrund haben BAFU und WSL 2009 ein breit angelegtes Forschungsprogramm «Wald und Klimawandel» begonnen, in dem die Folgen verschiedener Klimaszenarien aufgezeigt und entsprechende waldbauliche Strategien entwickelt werden. Zu deren Umsetzung werden mit der Ergänzung des Waldgesetzes diverse Massnahmen ermöglicht, welche letztlich die Waldeigentümer darin unterstützen, ihre Wälder auch unter klimatisch veränderten Bedingungen langfristig gesund und vital zu erhalten.

Abb. 2.4.7 *Von der Eschenwelke befallene Esche. Foto: Roland Engesser*

3 Nutzung

Marc Hanewinkel, Alfred W. Kammerhofer

Seit dem Waldbericht 2005 haben sowohl der Holzzuwachs wie der Holzvorrat kontinuierlich zugenommen, während die verkaufte Holzerntemenge zurückging. Im selben Zeitraum ist die Ernte von Stamm- und Industrieholz gesunken und diejenige von Energieholz gestiegen. Im Wald werden neben Holz auch Nichtholzprodukte wie Waldhonig, Wildbret oder Pilze genutzt beziehungsweise geerntet. Bei den Nichtholzprodukten fällt die Esskastanie auf: Ihre Ernte ist aufgrund des Befalls durch die Edelkastanien-Gallwespe regelrecht eingebrochen. In der Schweiz regelt das Waldgesetz die Waldnutzung. Die Waldplanung setzt es um und stellt die Nachhaltigkeit aller Waldfunktionen sicher.

Zusammenfassung

Im Schweizer Wald wächst nach wie vor mehr Holz nach als geerntet wird – der Holzvorrat nimmt daher ständig zu (Brutto- und Nettozuwachs). Gemäss Landesforstinventar LFI beträgt der jährliche Nettozuwachs im Durchschnitt 8 Millionen Kubikmeter Holz. Nadelholz und Laubholz werden unterschiedlich stark genutzt. Nadelholz wird aufgrund der hohen Nachfrage fast 3-mal stärker genutzt als Laubholz; so wird im Mittelland mehr Fichte geschlagen als nachwächst. Dies fördert Laubbäume, was den Zielsetzungen des naturnahen Waldbaus sowie der Biodiversität zugutekommt. In den Voralpen und Alpen hingegen werden weniger Fichten geerntet als nachhaltig möglich wäre. Zu beachten ist, dass sowohl LFI als auch Forststatistik die Holznutzung erfassen, und zwar mit unterschiedlichen Methoden (vgl. Grafik II, S. 16–17), die sich nicht direkt miteinander vergleichen lassen (Kap. 3.1 und 3.2). Dabei gilt vereinfacht gesagt: Das LFI misst die Veränderungen im Waldbestand; die Forststatistik erfragt, wie viel Holz auf den Markt kommt.

Der Verkauf von Holz ist die Haupteinnahmequelle der Schweizer Forstbetriebe und bringt rund 260 Millionen Franken pro Jahr in deren Kassen. Gemäss Forststatistik verkauften die Forstbetriebe im Zeitraum 2006–2013 jährlich zwischen 4,7 und 5,2 Millionen Festmeter Holz, mit einer derzeit rückläufigen Tendenz. Das Holz aus dem Schweizer Wald wird nicht nur nachhaltig produziert und geerntet, sondern auch in der Schweiz verarbeitet. Dadurch entstehen weniger Treibhausgase, und es kommt weniger graue Energie zum Einsatz als beim importierten Holz. Zusätzlich bleibt in langlebigen Holzprodukten der Kohlenstoff langfristig gebunden. Die Verwendung von Schweizer Holz und der Ersatz fossiler Brennstoffe durch Holz tragen somit zum Klimaschutz bei.

Waldhonig, Wildbret, Pilze, Christbäume und Kastanien sind die wichtigsten Nichtholzprodukte des Waldes. Der Wert aller gesammelten und genutzten Nichtholzprodukte liegt schätzungsweise bei 90 Millionen Schweizer Franken im Jahr. Die wirtschaftliche Bedeutung der Nichtholzprodukte hat in den letzten Jahrzehnten abgenommen. Ein Grund dafür ist der Einbruch der Kastanienernte im Tessin.

Der Schweizer Wald wird nachhaltig genutzt und muss zahlreiche Funktionen erfüllen. Gesetzliche Vorgaben stellen eine nachhaltige Nutzung sicher, und die Waldplanung setzt diese hauptsächlich um. Auf Kantonsebene erfolgt dies mit Waldentwicklungsplänen und bei den Forstbetrieben mit forstlichen Betriebsplänen. Freiwillige Anreize wie die Zertifizierung von Wald und Holz sollen einen finanziellen Mehrwert schaffen; dies ist bisher aber nicht gelungen, da sich für Holzprodukte mit Labels kein höherer Verkaufspreis erzielen lässt. Heute ist über die Hälfte der Schweizer Waldfläche zertifiziert; allerdings ist der Trend rückläufig. Neu auf dem Markt ist das Herkunftszeichen Schweizer Holz (HSH).

3.1 Holznutzung und Zuwachs

Christoph Fischer, Paolo Camin

> *Der Holzvorrat im Schweizer Wald wächst, da der Nettozuwachs die jährlich genutzte Holzmenge übertrifft.*
> *Jährlich wachsen in der Schweiz im Durchschnitt 8 Millionen Kubikmeter Holz nach. Fichten und Buchen tragen zu mehr als der Hälfte dieses Zuwachses bei.*
> *Nadelholz wird in der Schweiz rund 3-mal stärker genutzt als Laubholz.*
> *Im Mittelland ist die Nutzung der Fichte stark und übersteigt den Nettozuwachs. In den Alpen und Voralpen hingegen ist die Nutzung der Fichte geringer und liegt deshalb unter dem Nettozuwachs.*

Nutzung und Zuwachs

Die Holznutzung im Schweizer Wald hat im Laufe der letzten rund 30 Jahre zugenommen: Zwischen den Landesforstinventaren 1983/85 und 1993/95 betrug die jährliche Holznutzung 5,4 Millionen Kubikmeter (Brassel und Brändli 1999); heute (LFI 1993/95 bis LFI 2009/13) beläuft sie sich auf 7,3 Millionen Kubikmeter pro Jahr. Die regionalen Unterschiede sind jedoch gross: Am stärksten wird der Wald im Mittelland genutzt (Abb. 3.1.1), deutlich weniger stark im Jura, in den Voralpen und in den Alpen und am schwächsten auf der Alpensüdseite. Dabei ist der Anteil an genutztem Nadelholz fast 3-mal höher als der von Laubholz (Abb. 3.1.2).

Gemäss den Landesforstinventaren 1993/95 bis 2009/13 ist der Zuwachs an Holz nahezu gleich geblieben. Dabei wird zwischen dem Brutto- und dem Nettozuwachs unterschieden: Der Bruttozuwachs misst den Holzzuwachs sowohl der lebenden als auch der abgestorbenen Bäume, während der Nettozuwachs nur denjenigen der lebenden Bäume erfasst. In der Schweiz beträgt der Bruttozuwachs 9,9 Millionen Kubikmeter Holz pro Jahr, was 9 Kubikmetern pro Hektare und Jahr (m^3/ha/a) entspricht. Verglichen mit anderen europäischen Ländern liegt die Schweiz mit diesem Wert an der Spitze (Forest Europe et al. 2011). Der Nettozuwachs ist massgebend für die Entwicklung des Vorrates und stellt eine wichtige Kenngrösse für einen Vergleich mit der Nutzung dar. In der Schweiz beträgt der durchschnittliche jährliche Nettozuwachs 8,1 Millionen Kubikmeter, was 7,4 m^3/ha/a entspricht.

Die regionalen Unterschiede sind beträchtlich. Am höchsten ist der Nettozuwachs im Mittelland, wo die nährstoffreichen Böden zu finden sind (Abb. 3.1.1). Im Jura und in den Voralpen liegen die Werte nahe am Schweizer Durchschnitt. In den Alpen und auf der Alpensüdseite hingegen ist der jährliche Nettozuwachs wesentlich niedriger als in den anderen Regionen.

Die Nadelbäume tragen mit 4,9 m^3/ha fast doppelt so viel zum jährlichen Nettozuwachs bei wie die Laubbäume, deren Zuwachs 2,4 m^3/ha beträgt. Und nur gerade zwei Baumarten leisten mehr als die Hälfte des jährlichen Nettozuwachses: die Fichte (3,1 m^3/ha) und die Buche (1,4 m^3/ha; Brändli et al. 2015).

Nutzung im Vergleich zum Zuwachs

Ein wichtiger Indikator für die Beurteilung einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung ist der Vergleich des Holzzuwachses mit der Nutzung. Nachhaltig ist die Waldwirtschaft, wenn Nutzung und Zuwachs langfristig im Gleichgewicht stehen.

Im Schweizer Wald übertrifft der jährliche Nettozuwachs von 7,4 m^3/ha die jährlich genutzte Menge von 6,6 m^3/ha. Die

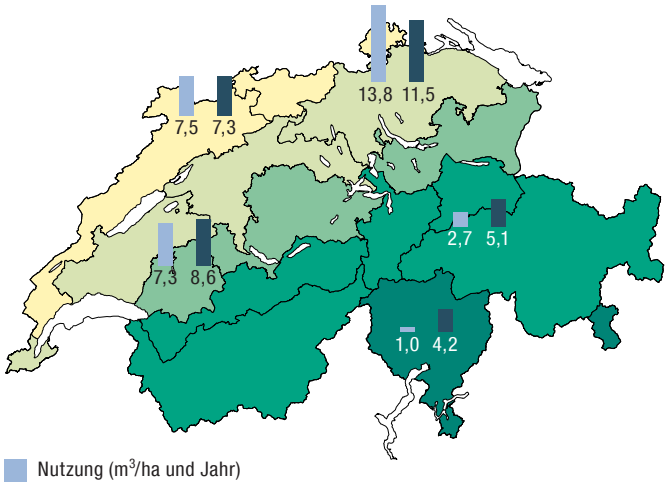


Abb. 3.1.1 *Nutzung und Nettozuwachs des Holzes zwischen 1993 und 2013 in den 5 Produktionsregionen der Schweiz. Quelle: LFI*

Waldwirtschaft schöpft den jährlichen Nettozuwachs somit nicht vollständig aus, und der Holzvorrat wächst (Kap. 1.2). Ein wichtiger Grund dafür ist, dass die Ressource Holz in bestimmten Regionen schwer zugänglich ist. So ist der Wald in den Bergregionen wenig erschlossen, was zu hohen Holzerntekosten führt. Kleinflächige Betriebsstrukturen, tiefe Holzpreise, gesellschaftliche Ansprüche sowie ökologische Einschränkungen wie beispielsweise Reservate, Biodiversitätsförderung und Landschaftsschutz sind weitere wichtige Gründe dafür, dass das Potenzial des nachwachsenden Holzes nicht überall vollständig ausgeschöpft wird. Die regionalen Unterschiede sind auch hier gross: Im Mittelland wird der Nettozuwachs zu 122,6 Prozent genutzt, auf der Alpensüdseite hingegen nur zu 20,4 Prozent. Und auch bei den Baumarten gibt es Unterschiede: Im Mittelland werden pro Jahr 3,2 m^3/ha mehr Fichten geschlagen als nachwachsen. Dies hat einen Rückgang des Fichtenvorrates im Mittelland zur Folge (Kap. 1.2).

Der Schweizer Wald hat – verglichen mit anderen europäischen Ländern – einen hohen Holzvorrat (Kap. 1.2). Die Holznutzung kann regional und über einen kurzen Zeitraum über dem Nettozuwachs liegen, ohne dass die Nachhaltigkeit dadurch gefährdet wird. Eine Studie zum Holznutzungspotenzial in der Schweiz (Hofer et al. 2011) berechnete für die Zeit von 2016 bis 2026 mehrere Nutzungsszenarien und ihre Folgen für die Waldbewirtschaftung. Die Studie zeigt, dass jährlich 7,5 bis 9 Millionen Kubikmeter Holz geerntet werden können, ohne die Nachhaltigkeit zu gefährden; vorübergehend kann die Nutzung sogar bis auf 10 Millionen Kubikmeter pro Jahr erhöht werden (wobei diese Werte nicht direkt mit den LFI-Ergebnissen vergleichbar sind). Die Waldpolitik des Bundes hat zum Ziel, bis ins Jahr 2020 die jährliche Holznutzung auf 8,2 Millionen Kubikmeter zu steigern.

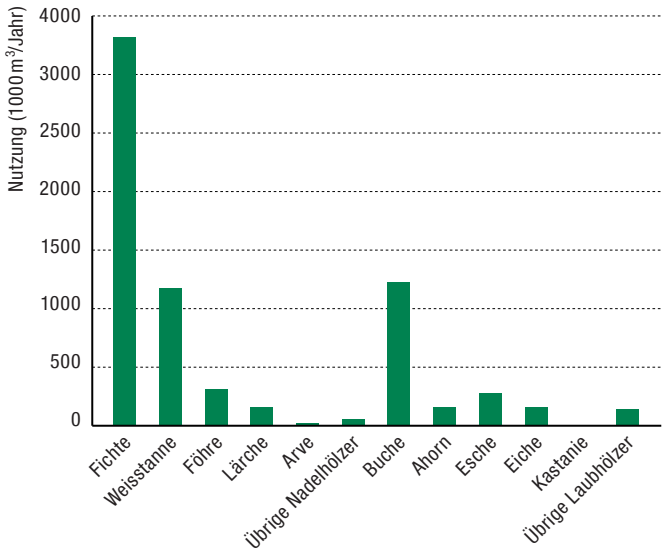


Abb. 3.1.2 *Holznutzung in der Schweiz nach Hauptbaumarten. Quelle: LFI 2009/13*

3.2 Rundholz

Claire-Lise Suter Thalmann, Alfred W. Kammerhofer

> *Rundholz umfasst das im Wald anfallende Stamm-, Industrie- und Waldenergieholz.*
> *Der Holzverkauf ist die Haupteinnahmequelle für die Schweizer Forstbetriebe, welche jährlich zwischen 4 und 6 Millionen Festmeter Holz verkaufen.*
> *Die wichtigsten Verwendungen von Rundholz erfolgen in den Bereichen Holzbau, Innenausbau, Möbel sowie Papier und Karton.*
> *Seit 2005 hat es eine Sortimentsverschiebung gegeben. Insbesondere wurde mehr Laubholz für energetische Zwecke genutzt, und es wurde weniger Stammholz geerntet.*

Holzverkauf

Der Holzverkauf ist die Haupteinnahmequelle für Schweizer Forstbetriebe. Er brachte den vorwiegend öffentlichen Forstbetrieben seit 2005 durchschnittlich rund 260 Millionen Franken[1] jährlich ein, was rund der Hälfte aller Betriebseinnahmen entspricht. Diese Zahlen entstammen der Forststatistik, welche die Marktentwicklung von Holz erhebt. Folgende Holzsortimente werden am meisten verkauft: Stammholz für die Sägewerke, Industrieholz für Papierfabriken sowie Holzplattenwerke und Waldenergieholz für Holzfeuerungen (Kap. 6.9). Im Jahr 2012 wurden im Schweizer Wald gemäss Forststatistik 4,66 Millionen Festmeter Holz geerntet (BFS und BAFU 2013). Seit dem letzten Waldbericht im Jahr 2005 betrug die durchschnittliche jährliche Holzernte rund 5,2 Millionen Festmeter. Beim Stammholz und Industrieholz sind die geernteten Mengen seit 2009 unter diesen Durchschnitt gefallen, beim Waldenergieholz ist es gerade umgekehrt (Abb. 3.2.1).

Die Entwicklung in den Sortimenten für die stoffliche Verwertung – also beim Stamm- und Industrieholz – hat unterschiedliche Gründe (Entwicklung energetische Verwendung siehe Kap. 6.9). Derzeit sind die Marktpreise tief und die Holzerntekosten relativ hoch (BAFU et al. 2012). Die Marktbedingungen für Schweizer Holz sind in den letzten Jahren schwieriger geworden (Abb. 3.2.2). In der Schweiz boomt zwar der Holzbau, aber es werden häufig billige Halb- und Fertigfabrikate aus dem Ausland importiert. Die Kosten, insbesondere die Lohnkosten, sind im Ausland deutlich tiefer als in der Schweiz. Die derzeitigen Wechselkurse bevorteilen zudem die Importe. Seit Ausbruch der Finanz- und Wirtschaftskrise und der damit einhergehenden Stärke des Schweizer Frankens gegenüber dem Euro und dem US-Dollar mussten die Holzpreise in Schweizer Franken gesenkt werden. Dies erlaubte es, weiterhin Holz zu exportieren.

Es wird wenig Buchenholz für die stoffliche Verarbeitung nachgefragt, gleichzeitig ist das Angebot an Laubholz relativ hoch. Die Folge davon ist, dass für Laubholz – mit Ausnahme von Edellaubhölzern – eher tiefe Holzpreise bezahlt werden.

Holzverwendung

Holz wird vielfältig eingesetzt – im Bauwesen (v. a. für Tragwerke und Fassaden), im Innenausbau und in der Möbelherstellung (v. a. für Bretter und Holzplatten) sowie in Papier und Karton. Oft wissen Konsumentinnen und Konsumenten nicht, dass viele der Produkte, die sie verwenden, Holzbestandteile enthalten. Diese befinden sich beispielsweise in Getränken, aber auch in Zahnpasta, Hygieneartikeln, Bekleidung, Par-

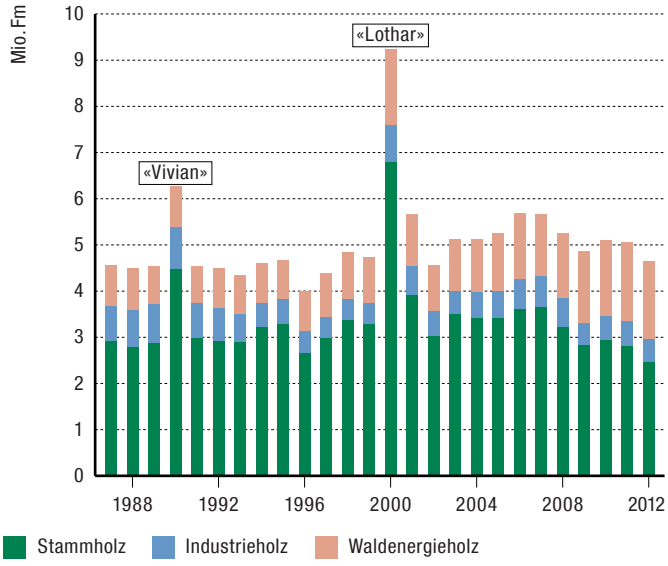


Abb. 3.2.1 *Entwicklung der Holzernte nach Sortimenten zwischen 1987 und 2012 in Festmetern (Fm). Quelle: BFS und BAFU 2013*

Tab. 3.2.1
Durchschnittliche Holzernte nach Holzarten und Sortimentsgruppen für die Jahre 2005, 2008 und 2012 in Festmetern (Fm). Quelle: BFS und BAFU 2013

	Nadelholz		Laubholz	
	Fm in 1000	%	Fm in 1000	%
2005				
Stammholz	3117	77	304	24
Industrieholz	390	10	194	15
Waldenergieholz + Rest	518	13	761	61
Summe	**4025**	**100**	**1259**	**100**
2008				
Stammholz	2886	78	356	23
Industrieholz	356	9	253	17
Waldenergieholz + Rest	481	13	930	60
Summe	**3723**	**100**	**1539**	**100**
2012				
Stammholz	2241	73	227	14
Industrieholz	284	9	219	14
Waldenergieholz + Rest	555	18	1133	72
Summe	**3080**	**100**	**1579**	**100**

fums, Nagellack, Flüsterasphalt für Strassen oder in Schuhabsätzen.

In den letzten Jahren stellten viele wichtige Holzverarbeitungsunternehmen den Betrieb ein: die Grosssägerei in Domat/Ems (GR) Ende 2010 oder wichtige Produzenten von Holzschliff und Zellstoff (Borregaard 2008, Deisswil 2010, Biberist 2011). Daraufhin brach die Nachfrage nach Stamm- und Industrieholz massiv ein. Aufgefangen wurde dieser Einbruch zum Teil in der energetischen Verwendung – insbesondere von Laubholz (Tab. 3.2.1; Kap. 6.9).

Holzhandel

Holz wird als Industriegut frei gehandelt. Raubbau an manchen Wäldern dieser Erde hat zu illegalem Handel mit Holz und Holzprodukten geführt. Die Schweiz, die EU und die USA haben Massnahmen ergriffen, um den illegalen Holzhandel zu vermeiden beziehungsweise zu erschweren. Seit dem 3. März 2013 gilt in der EU eine Holzhandelsverordnung, die «European Timber Regulation» (EUTR). Sie verbietet die Inverkehrsetzung von illegal geerntetem Holz und verpflichtet alle Marktteilnehmer, die Holz und Holzerzeugnisse erstmals in der EU in Verkehr setzen, bestimmte Sorgfaltspflichten einzuhalten. Dies gilt auch für Holz und Holzprodukte, die aus der Schweiz importiert werden. Die Schweiz wird ihr bestehendes System der Deklarationspflicht mit dem der EU abgleichen.

Holz ist klimafreundlich

Holz hat vielfältige ökologische und ökonomische Vorteile: In der Schweiz verarbeitetes Holz benötigt kaum graue Energie, da die Transportdistanzen klein sind. So entstehen wenig Treibhausgase wie CO_2, und der Kohlenstoff bleibt in langlebigen Holzprodukten gebunden. Beim Heizen mit Holz wird nur so viel CO_2 ausgestossen, wie der Baum beim Wachsen in Form von Kohlenstoff aufgenommen hat. Die Verwendung von Schweizer Holz ist somit klimafreundlich.

1 Preisbereinigt auf Basis Landesindex der Konsumentenpreise (Jahrbuch 2013).

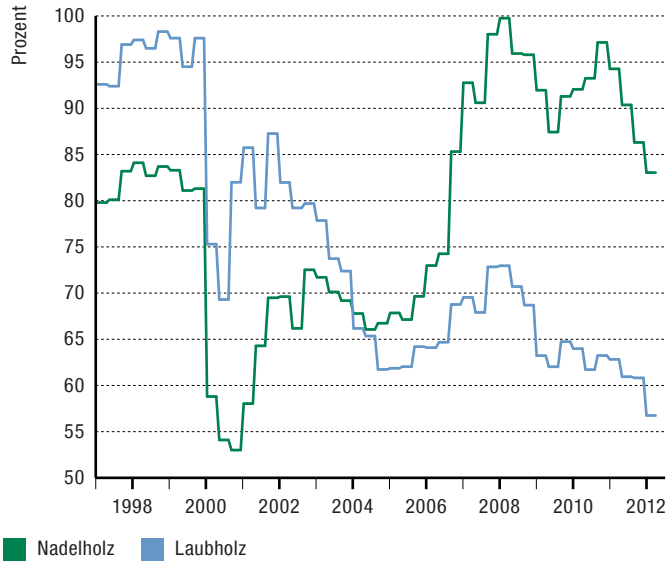


Abb. 3.2.2 *Entwicklung des Holzpreisindex des Sägerundholzes für Nadel- und Laubholz zwischen 1997 und 2013. Quelle: BFS und BAFU 2013*

3.3 Nichtholzprodukte

Silvio Schmid

> *Waldhonig, Wildbret, Pilze, Weihnachtsbäume und Kastanien sind die bedeutendsten Nichtholzprodukte des Waldes. Ihr Wert beträgt gemäss Schätzungen rund 90 Millionen Franken pro Jahr.*

> *Niemand erzielt mit der Nutzung von Nichtholzprodukten in der Schweiz ein Haupteinkommen. Der Wald darf laut Gesetz frei betreten werden, und auch das Sammeln von Früchten und Beeren ist in ortsüblichem Umfang gestattet.*

> *Im Vergleich zum Waldbericht 2005 ist die Menge des aus dem Schweizer Wald stammenden Wildbrets unverändert geblieben. Für die anderen Nichtholzgüter sind die Daten aufgrund unterschiedlicher Erhebungsmethoden nicht vergleichbar.*

Produkte

Der Schweizer Wald liefert nicht nur Holz, sondern auch sogenannte Nichtholzprodukte. Die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) definiert diese als «Güter, die im Wald gewonnen werden, welche materielle und physische Objekte biologischen Ursprungs, jedoch nicht aus Holz sind» (FAO 2010:18). Nichtholzprodukte sind somit fast alle aus dem Wald stammenden Produkte ausser Holz (Tab. 3.3.1).

Die genauen Mengen und Werte aller genutzten und gesammelten Nichtholzprodukte sind nur teilweise bekannt. Dank der Jagdstatistik gibt es immerhin verlässliche Daten zu Wildbret. Für die übrigen Nichtholzprodukte liegen nur Hochrechnungen und Schätzungen vor: Gemäss diesen beläuft sich der Wert der bedeutendsten Nichtholzwaldprodukte in der Schweiz auf rund 90 Millionen Schweizer Franken. Dazu gehören Waldhonig, Wildbret, Waldpilze, Weihnachtsbäume und Edelkastanien (Abb. 3.3.1).

Die Honigbienen stellen jährlich im Durchschnitt 2200 Tonnen Waldhonig her. Dieser hat einen geschätzten Wert von rund 52 Millionen Schweizer Franken und entsteht aus Honigtau. Millionen von Schildläusen saugen den Saft von Bäumen und scheiden anschliessend den zuckerhaltigen Honigtau aus, welcher von den Bienen eingesammelt wird. Reiche Beute machen auch die vielen Jäger und Jägerinnen in der Schweiz: Jährlich gewinnen sie im Durchschnitt 1800 Tonnen Wildbret im Wert von 19,5 Millionen Franken. Allein im Jahr 2010 erlegten sie 40 000 Rehe, 13 000 Gämsen, 9000 Hirsche und 7000 Wildschweine (Abb. 3.3.2).

Das Sammeln von Pilzen im Wald ist sehr beliebt: Grobe Schätzungen ergeben, dass die Pilzsammlerinnen und -sammler im Jahr 2010 rund 250 Tonnen Steinpilze, Eierschwämme und Morcheln im Wert von 11 Millionen Franken fanden. Nicht berücksichtigt sind Trüffelpilze, für die keine verlässlichen Daten vorliegen.

Ausserdem schmücken viele Menschen jedes Jahr ihre Wohnung oder öffentliche Plätze mit einem Weihnachtsbaum. Insgesamt werden rund 1,2 Millionen Weihnachtsbäume verwendet, wovon etwa ein Zehntel – das sind immerhin 120 000 Stück – aus dem Schweizer Wald stammen. Diese Christbäume haben einen geschätzten Wert von 3,6 Millionen Franken.

Tab. 3.3.1

Beispiele von Nichtholzprodukten und von Produkten sowie Leistungen, die nicht zu diesen zählen. Quelle: FAO 2010

Nichtholzprodukte	Andere Produkte und Leistungen
Pilze, Früchte, Beeren, Honig, Kastanien, Kräuter, Wildbret, Tierfelle, Streue, Harz, Dekorationsmaterialien wie Weihnachtsbäume, Misteln oder Moos, Saatgut von Bäumen.	Erholung gehört zu den Leistungen; Holzprodukte, wie Schindeln oder Zaunpfosten; Kies, Sand und weitere Produkte nicht biologischen Ursprungs.

Nutzerinnen und Nutzer

Das Schweizerische Zivilgesetzbuch ZGB erlaubt es jeder Person, den Wald frei zu betreten und im ortsüblichen Umfang auch Früchte und Beeren zu sammeln. Die Wildtiere schliesslich gehören dem Kanton, dem das Jagdregal obliegt. Obwohl die Waldbesitzer keinen direkten Nutzen aus der Jagd ziehen, profitieren sie indirekt: Die Jagd stabilisiert die Wildbestände auf einem gewissen Niveau und hilft so, Verbiss- und Schälschäden zu begrenzen. Einzig die Weihnachtsbäume und Kastanien aus bewirtschafteten Hainen können von den Waldbesitzenden verkauft werden.

Heute lebt niemand mehr allein vom Verkauf oder von der Nutzung von Nichtholzprodukten. Früher war das anders: Die

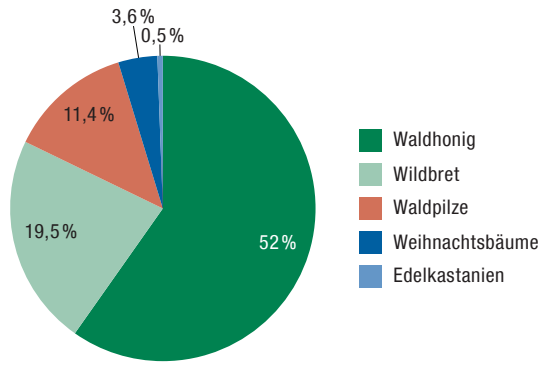


Abb. 3.3.1 *Anteile des geschätzten Wertes der in einem Jahr geernteten Nichtholzprodukte. Quelle: Limacher und Walker 2012*

Nichtholzprodukte deckten einen beträchtlichen Teil des täglichen Bedarfs an Nahrung und Rohstoffen ab. Dies galt insbesondere für die ärmere Bevölkerung. So wurden die Marroni – die Früchte der Edelkastanie – «Brot der Armen» genannt und waren vor allem im Tessin bis ins 20. Jahrhundert ein Hauptnahrungsmittel. Ein ausgewachsener Kastanienbaum produziert jährlich rund 100 bis 200 Kilogramm Früchte, was ziemlich genau dem damaligen Bedarf einer Person entsprach. Heute werden groben Schätzungen zufolge noch 260 Tonnen Kastanien im Wert von einer halben Million Franken geerntet. Dies ist ein Bruchteil der früheren Mengen. Im Mai 2009 trat die ursprünglich aus China stammende Edelkastanien-Gallwespe zum ersten Mal in der italienischen Schweiz auf, mit Folgen für die Kastanienzucht. Die langfristigen Auswirkungen auf die Marroniproduktion lassen sich derzeit noch nicht abschätzen.

Das Sammeln und Jagen ist heute ein Hobby und entspricht dem Trend, der sich mit «Zurück zu den Wurzeln» oder «Zurück zur Natur» umschreiben lässt. Viele Menschen gehen gerne in den Wald, um Pilze oder andere Waldprodukte zu sammeln. In einer repräsentativen Umfrage im Jahr 2010 gab ein Sechstel der Befragten als Grund für den letzten Waldbesuch das Sammeln von Nichtholzprodukten an (BAFU und WSL 2013). Was genau wo, wie und in welchen Mengen im Wald gesammelt wird, ist noch weitgehend unbekannt.

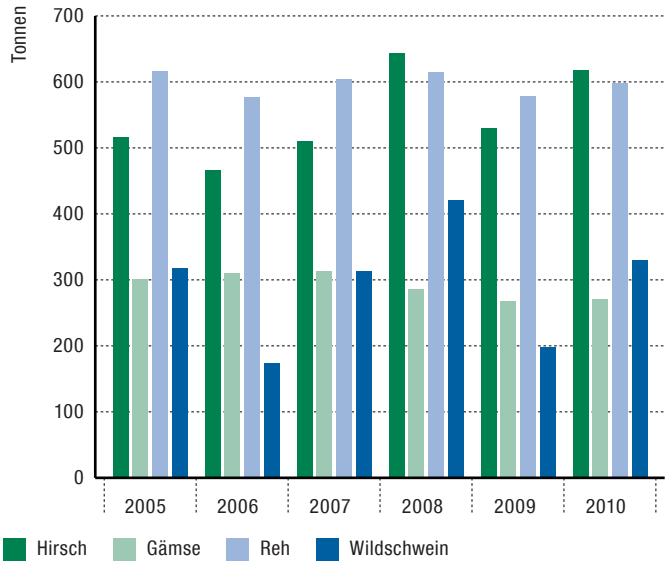


Abb. 3.3.2 *In der Schweiz zwischen 2005 und 2010 erlegtes Wildbret: je 1/3 ist Fleisch von Hirsch und Reh und je 1/6 von Gämse und Wildschwein. Quelle: Limacher und Walker 2012*

3.4 Waldplanung und Zertifizierung

Matthias Kläy, Alfred W. Kammerhofer, Anton Bürgi und Erica Zimmermann

> *Die meisten Kantone verfügen über flächendeckende Waldentwicklungspläne, in denen die öffentlichen Ansprüche an den Wald abgestimmt werden.*
> *Die Waldentwicklungspläne werden mit der kantonalen Richtplanung koordiniert.*
> *Über die Hälfte der Waldfläche der Schweiz ist zertifiziert. Seit dem Waldbericht 2005 hat sich die zertifizierte Waldfläche beinahe verdoppelt; der Trend ist seit 2009 jedoch leicht rückläufig.*
> *Die Schweiz unterstützt den Kampf gegen illegalen Holzschlag. Das Herkunftszeichen Schweizer Holz (HSH) steht für die Einhaltung der hohen gesetzlichen Standards.*

Waldplanung

Das schweizerische Waldgesetz verlangt: «Der Wald ist so zu bewirtschaften, dass er seine Funktionen dauernd und uneingeschränkt erfüllen kann (Nachhaltigkeit).» Die Waldplanung dient der Umsetzung dieser gesetzlichen Vorgaben und findet auf den beiden Ebenen kantonale Waldplanung (vorwiegend Waldentwicklungspläne) sowie betriebliche Planung (vorwiegend forstliche Betriebspläne) statt.

Kantonale Waldplanung

Die kantonale Waldplanung ist für den Forstdienst ein wichtiges Instrument, um die verschiedenen und zum Teil in Konkurrenz zueinander stehenden Ansprüche an den Wald (Kap. 1.1) zu erfassen und Konflikte, die sich daraus ergeben, zu lösen. So werden auf einer übergeordneten – meist regionalen oder kantonalen – Ebene die Ansprüche aufeinander abgestimmt und Ziele einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung festgelegt. Viele Kantone erlassen dazu einen Waldentwicklungsplan WEP und koordinieren diesen mit dem Richtplan (Abb. 3.4.1). Wichtige Partner dafür sind die Waldeigentümer, welche die behördenverbindliche Planung umsetzen.

Betriebliche Planung

Die meisten Kantone verpflichten die Eigentümer von Wäldern, die eine bestimmte Grösse haben (15–50 ha), zu einer betrieblichen Planung. Damit besteht für die meisten privaten Wälder keine Betriebsplanpflicht; für die rund zwei Drittel des Schweizer Waldes, die in öffentlichem Besitz sind, jedoch schon.

Im Betriebsplan werden die forstlichen Ressourcen erfasst, die Betriebsziele und -strategien definiert sowie die dafür notwendige Infrastruktur und das Personal geplant. Ferner legt der Betriebsplan die Produktionsziele und die waldbaulichen Massnahmen für einen bestimmten Zeitraum fest. Auch die Vorgaben der übergeordneten Planungsebenen (v. a. WEP, kantonaler Richtplan) fliessen ein. Gemäss Landesforstinventar 2009/13 sind für 54 Prozent der Schweizer Waldfläche betriebliche Planungsgrundlagen vorhanden. Zieht man von der gesamten Waldfläche den in der Regel nicht betriebsplanpflichtigen Privatwald sowie den nach LFI unzugänglichen Wald (Gebüschwald, dauernd aufgelöste Bestockungen) ab, so liegen für einen grossen Teil des forstlich nutzbaren Waldes betriebliche Planungswerke vor (LFI 2009/13).

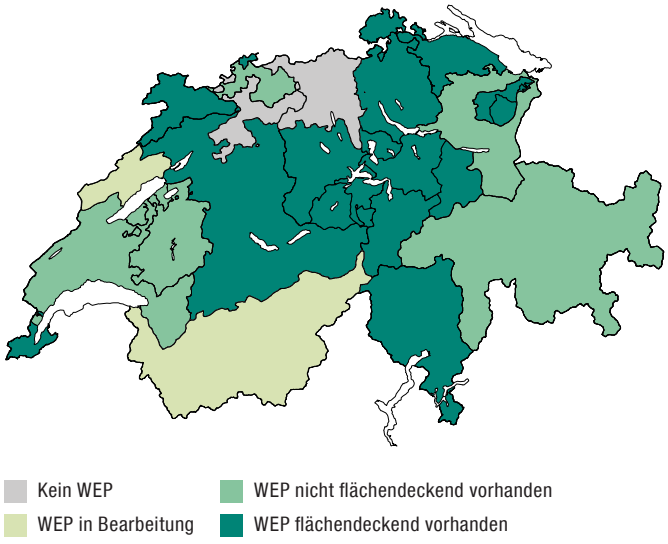


Abb. 3.4.1 *Kantone mit bestehenden Waldentwicklungsplänen WEP und Kantone, in denen sie in Erarbeitung sind. Zwei Kantone nutzen den kantonalen Richtplan, um die öffentlichen Ansprüche an den Wald aufeinander abzustimmen.*
Quelle: HAFL 2013

Zertifizierung

Illegaler Holzschlag ist ein weltweites Problem mit zahlreichen negativen Folgen für Ökosysteme, Wirtschaft und Gesellschaft. Auf nationaler und internationaler Ebene wurden darum etliche Massnahmen ergriffen, um ihn einzuschränken. Eine davon ist die freiwillige Zertifizierung von Wald und Holz. Sie dokumentiert eine umweltgerechte, sozial verträgliche und wirtschaftlich tragbare Waldwirtschaft und ist für umweltbewusste Käuferinnen und Käufer ein wichtiger Grund, Holz mit einem Label zu kaufen. Viele Verkäufer von Holzprodukten wollen diese Kundschaft, die in den letzten Jahren zugenommen hat, für sich gewinnen und setzen demzufolge auf Holz mit Label.

In der Schweizer Waldbewirtschaftung werden zwei Zertifizierungssysteme verwendet: FSC (Forest Stewardship Council) und PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes). Sie basieren auf denselben nationalen Standards, stellen aber unterschiedliche Anforderungen an die Waldbewirtschaftung sowie an die Materialflusskontrolle und die betriebliche Organisation. Weltweit tragen 181 Millionen Hektaren Waldfläche das FSC-Label und 244 Millionen Hektaren das PEFC-Label. Im Jahr 2012 hatte die Fläche mit dem FSC-Label um 16 Prozent zugenommen, während die Fläche mit dem PEFC-Label konstant geblieben war.

In der Schweiz wurden die ersten Waldflächen im Jahr 1998 zertifiziert. 2012 waren 52 Prozent der Waldfläche nach einem der beiden oder nach beiden Systemen zertifiziert. Seit 2009 – als der bisher höchste Stand verzeichnet wurde – ging die Waldfläche mit einem Label um rund 7 Prozent zurück. Diese Abnahme lässt sich damit begründen, dass Waldbesitzer infolge des fehlenden wirtschaftlichen Mehrwerts oft auf eine erneute Zertifizierung verzichteten. Ein Handlungsbedarf bezüglich der Kosten und des Nutzens der Zertifizierung wird auch in einer Studie der Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL (SHL 2009) festgestellt. Ein grosser Teil der Waldfläche mit einem Label – nämlich 61 Prozent – gehört öffentlichen Waldeigentümern. Im Privatwald beträgt der Anteil lediglich 27 Prozent.

Weltweit hatten Ende 2012 rund 425 Millionen Hektaren Wald ein Label, was 10,5 Prozent der globalen Gesamtwaldfläche entspricht. Im Jahr 2012 nahm diese Fläche um 6 Prozent zu. Nordamerika steuerte 52 Prozent der zertifizierten Fläche bei, Europa 37 Prozent und Asien sowie die südliche Hemisphäre die restlichen 11 Prozent.

Weitere Instrumente

Ein wichtiges gesetzliches Instrument gegen den illegalen Holzschlag ist in der Schweiz seit 2010 die Deklarationspflicht für Holz und Holzprodukte. Diese verpflichtet die Verkäufer, die Konsumentinnen und Konsumenten über Holzart und Holzherkunft zu informieren (vgl. Kap. 3.2).

Die Schweiz hat eines der vorbildlichsten Waldgesetze der Welt und wurde dafür im Rahmen des internationalen Jahres des Waldes 2011 ausgezeichnet. Die nachhaltige Bewirtschaftung des Schweizer Waldes wird durch eine flächendeckende Aufsicht und Kontrolle der Forstdienste sichergestellt. Damit wird auch der illegale Holzschlag vermieden. Das Herkunftszeichen Schweizer Holz (HSH), das freiwillig eingesetzt werden kann, zeichnet Holz aus, das zu 100 Prozent aus Schweizer Wäldern stammt, sowie Produkte, die zu mindestens 80 Prozent aus Schweizer Holz sind. Zusätzlich bescheinigt das HSH, dass für die Herstellung eines Holzproduktes wenig graue Energie zur Anwendung kam und kaum Treibhausgase ausgestossen wurden. Die Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB und die Interessengemeinschaft privater professioneller Bauherren IPB empfehlen daher bei der Beschaffung von Holz ausdrücklich das HSH. Dieses soll Schweizer Holz bei potenziellen Holzkäufern sichtbar machen.

4 Biodiversität

Rolf Holderegger, Nicole Imesch

Der Wald spielt für die Erhaltung der Biodiversität in der Schweiz eine zentrale Rolle. Seit dem Waldbericht 2005 wurde bereits rund die Hälfte der bis 2030 geplanten Waldreservate eingerichtet, und die Bestände der Waldvögel, der Grossraubtiere und des Schalenwildes sind angestiegen. Trotz dieser positiven Entwicklungen bestehen weiterhin einige Defizite. So sind im Tiefland lichte Wälder und späte Phasen der Waldentwicklung mit alten Bäumen und Totholz selten, und die Anzahl der gefährdeten Arten hat gesamthaft nicht abgenommen.

Zusammenfassung

Im Schweizer Wald steht es um die Biodiversität besser als in anderen Lebensräumen. Dies hat zahlreiche Gründe. Der naturnahe Waldbau lässt naturferne Fichtenbestände langsam verschwinden, und die Baumartenvielfalt nimmt zu. Rund 40 Prozent aller in der Schweiz vorkommenden Arten sind auf den Wald angewiesen, aber nur 9 Prozent dieser Waldarten sind gefährdet. Zudem wachsen etwa die Bestände der Brutvögel, des Schalenwildes oder der Grossraubtiere. In den letzten Jahren wurde bereits die Hälfte der bis 2030 geplanten Sonderwald- und Naturwaldreservate eingerichtet; das sind knapp 5 Prozent der Waldfläche. Diese ermöglichen eine natürliche Bestandesentwicklung bis zur Zerfallsphase, und durch die Aufwertung und Sicherstellung von wertvollen Lebensräumen in Sonderwaldreservaten werden Waldarten gezielt gefördert, beispielsweise mit lichten Wäldern oder spezifischen Nutzungsformen, wie Selven, Wytweiden oder Mittelwälder. Zudem wird der Wald zu über 90 Prozent natürlich verjüngt. Naturverjüngung und Reservate tragen beide zur Sicherung der genetischen Vielfalt im Wald bei.

Hinsichtlich der Biodiversität ist die Entwicklung somit grundsätzlich positiv. Trotzdem bestehen Defizite. In den hohen Lagen der Schweiz breitet sich der Wald weiterhin aus, und aufgelassene Flächen wachsen zu, weshalb die Vielfalt der Strukturen in der Landschaft abnimmt und Biodiversität verloren geht. Im Tiefland sind späte Phasen der Waldentwicklung mit alten Bäumen und viel Totholz sowie lichte Wälder noch immer selten. Gefährdet ist gemäss den Roten Listen ein vergleichsweise kleiner Anteil der Waldarten. Dennoch trägt die Schweiz für rund 1500 national prioritäre Waldarten eine besondere Verantwortung. Viele dieser Arten sind auf alte Bäume und totes Holz angewiesen. Ausserdem gefährden die zunehmenden Wildbestände an manchen Orten die angestrebte Naturverjüngung durch Verbiss, und im Tessin verdrängen nicht einheimische Gehölze die einheimischen Gehölzarten.

Auf zukünftige Herausforderungen wie den Klimawandel ist der Schweizer Wald durch seine grosse Baumartenvielfalt und – im Vergleich zu anderen europäischen Ländern – einen hohen Anteil an Naturverjüngung gut vorbereitet. Dennoch wird in Forstkreisen diskutiert, ob in Zukunft vermehrt nicht einheimische Baumarten angebaut werden sollen, um die negativen Folgen des Klimawandels auf die Waldwirtschaft zu mildern. Heute spielen nicht einheimische Baumarten für die Holzproduktion noch keine grosse Rolle. Ausserdem könnte sich in Zukunft der Trend zu mehr alten Bäumen und Totholz im Schweizer Wald durch eine erhöhte Brennholznutzung als Folge der Energiewende umkehren. Es ist deshalb entscheidend, die verschiedenen heutigen Fördermassnahmen zu verstärken, gute Kompromisse zu finden und Synergien zwischen der Förderung der Biodiversität und anderen Waldleistungen zu nutzen.

4.1 Artenvielfalt

Urs-Beat Brändli, Kurt Bollmann

> *Der Wald ist aufgrund seines grossen Flächenanteils und der im Vergleich zu anderen Lebensräumen naturnahen Nutzung für die Biodiversität von ausserordentlicher Bedeutung; diese wird sich wegen des Klimawandels noch vergrössern.*

> *Die Schweiz wäre von Natur aus zu einem beträchtlichen Teil von eher artenarmen Buchen- und Fichtenwäldern mit wenig Gehölzarten bedeckt. Der Mensch erhöht die Vielfalt an Gehölzarten im Wald, indem er diesen naturnah nutzt und ökologisch wertvolle Baumarten fördert.*

> *Eine Vielfalt an Baumarten fördert ökologische Nischen für andere Waldarten, schafft stabilere Bestände und mindert die Risiken des Klimawandels für den Wald. Seit 1995 haben die Vielfalt der Baumarten leicht und der Anteil an Laubholzbeständen merkbar zugenommen.*

> *Huftiere und Grossraubtiere, Vögel, Schnecken und Moose zeigen generell einen stabilen oder positiven Bestandestrend; Bestände einzelner Arten nehmen sogar zu.*

> *Anders verhält es sich mit stark spezialisierten Waldarten: Diese sind auf langfristige natürliche Waldlebenszyklen und ausreichend Totholz angewiesen. Ihre Bestände sind oft klein und gefährdet.*

Baumartenvielfalt

Trotz kleiner Landesfläche ist die Vielfalt der Waldstandorte in der Schweiz gross. Der Wald erstreckt sich von warmen Tieflagen im Südtessin (Ufer des Lago Maggiore auf 193 m ü. M.) bis an die obere Waldgrenze (im Mattertal im Wallis bei 2450 m ü. M.). Darüber können selbst Kältespezialisten wie die Arve nicht mehr wachsen. Diese Standortvielfalt widerspiegelt sich in einer artenreichen Pflanzenwelt: Gegen 700 Gefässpflanzen sind typische Waldarten, darunter 7 einheimische Nadel- und 39 einheimische Laubbaumarten (Rudow 2014). Der Wald wird hauptsächlich durch einige wenige Hauptbaumarten geprägt (Abb. 4.1.1). Dabei sind Baumarten, die Schatten ertragen, im Vorteil: Diese drängen im Verlauf der Waldentwicklung die lichtbedürftigeren Konkurrenten zurück und dominieren den Bestand. Besonders ausgeprägt ist dies bei drei Baumarten: Fichte, Buche und Weisstanne machen zwei Drittel der vom Landesforstinventar LFI ausgezählten Bäume aus (Brändli et al. 2015). Natürlicherweise tritt die Weisstanne in der Regel nur in Mischbeständen auf, während in Tieflagen die Buche und in Hochlagen die Fichte oft fast Reinbestände bilden. Naturnahe Wälder haben demnach in der Schweiz häufig eine geringe Baumartenvielfalt.

Im bewirtschafteten Wald sind Mischbestände aus mehreren Baumarten häufiger und haben gegenüber Reinbeständen aus nur einer Baumart diverse Vorteile: Die Vielfalt der Tier- und Pflanzenwelt ist grösser, und Mischbestände sind weniger anfällig für Sturmschäden oder für den Befall durch Schadorganismen. Auch im Hinblick auf den Klimawandel sind Mischbestände vorteilhaft, weil das Risiko einer fehlenden Stresstoleranz auf mehrere Arten verteilt wird. Zwischen 1995 und 2013 hat sich die Baumartenvielfalt im Schweizer Wald leicht verändert: Flächen mit nur einer Baumart haben tendenziell abgenommen (Brändli et al. 2015). Zudem hat der Anteil an naturnahen Laubholzwäldern im Mittelland zugenommen (Kap. 1.1 und 4.3).

Artenförderung durch Waldpflege

Die Baumartenvielfalt im Wald wird beeinflusst durch das natürliche Standortpotenzial, natürliche Störungen wie Windwurf und die Waldbewirtschaftungsmethode. Im Mittelland ist die Baumartenvielfalt natürlicherweise grösser als in den Bergen, da die Artenvielfalt mit zunehmender Höhe sinkt. So sind Arten mit atlantischem und submediterranem Verbreitungsschwerpunkt auf tiefere Lagen beschränkt. Ein baumartenreicher Wald ist auch das Resultat gezielter Pflege: An Standorten, wo Forstleute bei der Durchforstung lichtbedürftige Baumarten begünstigen, können sich diese gegenüber den konkurrenzstarken Arten Buche, Fichte und Weisstanne halten. Holzschläge sorgen für mehr Licht und Wärme im Wald und fördern dadurch auch die Vielfalt an gewissen Pflanzen und Tieren. In einigen Gebieten ist die Waldbewirtschaftung seltener geworden. 1985 wurden noch 72 Prozent der Waldfläche regelmässig bewirtschaftet, 2013 waren es gemäss LFI nur noch 65 Prozent. Der Wald wird dadurch dichter (Kap. 1.3),

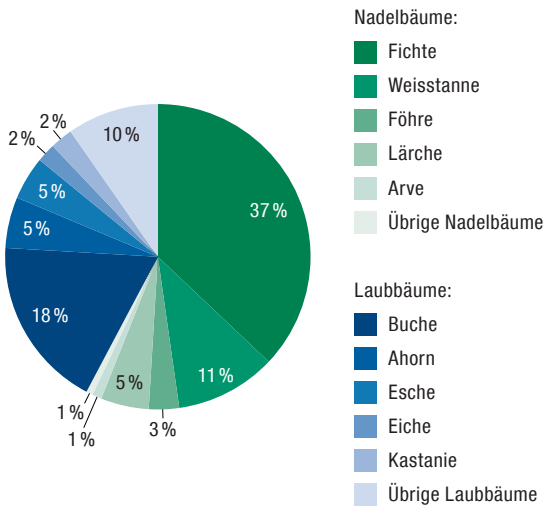


Abb. 4.1.1 *Stammzahlanteile der Baumarten im Schweizer Wald. Nadelbäume machen mehr als die Hälfte aller Baumarten aus. Quelle: LFI 2009/13*

und die Vielfalt der lichtbedürftigen Arten wird kurz- bis mittelfristig zurückgehen.

Seltene Baumarten wie Eibe (Abb. 4.1.2), Elsbeere oder Winterlinde sollen erhalten bleiben. Deshalb hat das BAFU im Jahr 1997, zusammen mit der Eidg. Technischen Hochschule ETH Zürich, ein Projekt zur Förderung seltener Baumarten (SEBA) lanciert, mit dem Ziel, Praxishilfen zu schaffen und die Waldbesitzer und -bewirtschafter zu sensibilisieren. Im Rahmen von Programmvereinbarungen der Neugestaltung des Finanzausgleichs und der Aufgabenteilung NFA fördern Bund und Kantone den Anbau seltener Baumarten und der ökologisch wertvollen Eiche, beispielsweise auf Windwurfflächen. Künstlich angelegte Jungwälder aus einheimischen Baumarten können die Biodiversität bereichern, obwohl an den meisten Orten die Naturverjüngung vorzuziehen ist. Artenreiche Eichenbestände sind auch früheren Nutzungsformen wie dem Mittelwaldbetrieb zu verdanken. Und die Waldweide führt zu lockeren Wäldern mit zahlreichen licht- und wärmeliebenden Tier- und Pflanzenarten. Heute werden diese traditionellen Bewirtschaftungsformen zum Teil gezielt weitergeführt oder an geeigneten Orten wieder aufgenommen.

Waldarten

Standortbedingungen, Klima und Wetter, natürliche Störungen und Nutzungsart bestimmen die Artengemeinschaften im Wald. Diese sind – im Verhältnis zur Waldfläche – überdurchschnittlich artenreich. Auenwälder sind besonders artenreich und beherbergen zahlreiche seltene Arten: So wurden über 1500 der rund 3150 Gefässpflanzen der Schweiz in den Auengebieten von nationaler Bedeutung nachgewiesen. Der stark gefährdete Grosse Eisvogel (*Limenitis populi*) beispielsweise kommt vorwiegend in Auenwäldern und lichten Laubwäldern vor. Er gehört zu den grössten Tagfaltern unseres Landes, und seine Raupe frisst hauptsächlich an Zitterpappel und Schwarzpappel. Ebenfalls artenreich sind Altbestände, die Übergangszone zwischen Wald und offener Landschaft, lichte Wälder und Gebüschwald. Typische Arten der lichten Wälder sind die Juraviper (*Vipera aspis*) und der Gelbringfalter (*Lopinga achine*). Diese stark gefährdete Tagfalterart ist als Raupe auf Süss- und Sauergräser angewiesen.

Als Waldarten gelten Tiere, die sich regelmässig im Wald aufhalten, sowie Pflanzen und Pilze, die meist im Wald wachsen oder in mindestens einem Entwicklungsstadium vom Wald abhängig sind. Waldarten machen einen beachtlichen Teil der Biodiversität aus: Von den schätzungsweise 64 000 in der Schweiz vorkommenden Arten leben rund 40 Prozent im oder vom Wald. Allerdings unterscheidet sich der Anteil an Waldarten zwischen den Organismengruppen: Überdurchschnittlich hoch ist er bei Fledermäusen, Bockkäfern, Grosspilzen und Flechten (Abb. 4.1.3). 256 Arten der einheimischen Gefässpflanzen gelten als eigentliche Waldpflanzen, und 412 weitere Arten sind teilweise an den Wald als Lebensraum gebunden. Bei den Grosspilzen werden 3650 Arten von den Fachleuten als Waldarten eingestuft. Von den rund 190 in der Schweiz beurteilten Brutvogelarten sind 100 Arten in mindestens einer Lebensphase vom Wald abhängig, davon sind 59 Arten vollständig an den Wald gebunden. 428 Arten von Moosen, 130 Arten von Schnecken und 27 Arten von Tagfaltern und Widderchen werden regelmässig im oder am Wald nachgewiesen.

Abb. 4.1.2 *Die Eibe (*Taxus baccata*) zählt zu den Arten, die im Rahmen des Programms «Seltene Baumarten» (SEBA) gefördert werden. Foto: Urs-Beat Brändli*

Viele Pilz- und Käferarten sind in mindestens einem Entwicklungsstadium auf altes und totes Holz angewiesen, nämlich 1700 Käferarten und 2700 Pilzarten (Lachat et al. 2014). So bevorzugt etwa der vom Aussterben bedrohte Käfer Kurzschröter (*Aesalus scarabaeoides*) für seine drei Jahre dauernde Larvenentwicklung grosse, faule Eichenholzstücke. Wie viele andere Bodenorganismen gehören auch die Würmer zu den artenreichen Gruppen des Waldes. Trotz ihrer wichtigen ökologischen Funktion ist wenig über ihre direkte Beziehung zum Lebensraum Wald bekannt.

Entwicklung der Artenvielfalt

Die Bestände einzelner Baumarten haben sich unterschiedlich entwickelt: Zwischen 1995 und 2013 hat die Zahl der Fichten, Waldföhren, Hagebuchen sowie Stiel- und Traubeneichen deutlich abgenommen, in geringerem Masse auch die Zahl der Buchen. Zugenommen haben hingegen Berg- und Spitzahorne, Winterlinden, Mehl- und Vogelbeeren sowie Lärchen (Brändli et al. 2015). Die Bergulme, welche in der Schweiz seit etwa 1975 durch eine eingeschleppte Pilzkrankheit stark dezimiert worden ist, hat sich seit 1995 bei den Individuen ab 12 Zentimetern Durchmesser wieder stabilisiert, mit einer tendenziellen Zunahme. Bei der seltenen Eibe kommt infolge von Wildverbiss (Kap. 4.2) seit Jahrzehnten praktisch kein Nachwuchs mehr auf (Brändli et al. 2009). Die Zahl der jüngeren Eiben bis 12 Zentimeter Durchmesser hat gemäss LFI zwischen 1995 und 2013 um mehr als zwei Drittel abgenommen.

Das Biodiversitäts-Monitoring Schweiz (BDM) dokumentiert seit 2002 in verschiedenen Lebensräumen und Höhenstufen die Entwicklung ausgewählter Tier- und Pflanzengruppen. Für den Lebensraum Wald zeigen diese Indikatoren, dass die Schnecken zunehmen und dass die Moose und Gefässpflanzen stabil bleiben, und zwar in allen Höhenstufen (BDM 2014). Wälder der Tieflagen sind für gewisse Artengruppen wie Gefässpflanzen und Moose deutlich artenärmer als Bergwälder, weil diese ein lichteres Kronendach und reichere Strukturen aufweisen (BDM 2009). Das BDM macht nur verlässliche Aussagen zu relativ häufigen und weit verbreiteten Arten. Seltene Arten mit besonderen Lebensraumansprüchen (z. B. bezüglich Licht, Wasser, Nährstoffen oder Totholz) werden durch das BDM ungenügend abgebildet. Für solche Arten braucht es ergänzende Indikatoren, beispielsweise den Swiss Bird Index (SBI). Dieser zeigt, dass die Waldvogelarten seit 1990 zunehmen (Keller et al. 2013). Ausserdem ist gemäss SBI der Anteil an gefährdeten Brutvogelarten des Waldes mit 15 Prozent deutlich tiefer als im gesamtschweizerischen Durchschnitt, der bei 39 Prozent liegt.

Gut steht es um die wild lebenden Huftierarten der Schweiz. Das Reh ist die häufigste und am weitesten verbreitete Huftierart; sein Bestand wird auf 115 000 Tiere geschätzt (Eidg. Jagdstatistik, Stand Dezember 2013). Es nutzt alle Wälder vom Tiefland bis an die obere Waldgrenze. Der Bestand des Rothirsches mit rund 30 000 Tieren hat in den letzten 10 Jahren um 23 Prozent zugenommen. Obwohl in den vergangenen Jahren 40 Prozent mehr Tiere geschossen wurden, breitet sich der Rothirsch weiter aus und beginnt die Verbreitungslücken in den zentralen, westlichen und nördlichen Voralpen sowie im Jura zu schliessen. Der Bestand der Gämse ist in den letzten 10 Jahren stabil geblieben bei rund 90 000

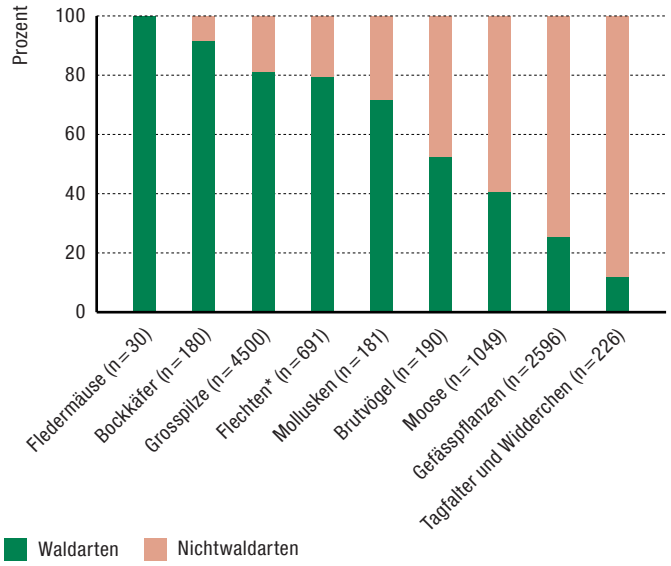


Abb. 4.1.3 *Waldarten verschiedener Organismengruppen in der Schweiz. n = Anzahl beurteilte Arten, * Baum- und erdbewohnende Flechten. Quelle: Info Species (Stand: August 2013)*

Abb. 4.1.4 *Die stark gefährdete Graue Schliessmundschnecke (*Bulgarica cana*) lebt in naturnahen Laubwäldern. Foto: Sigrid Hof*

Tieren. Die Art stösst aber vermehrt in die Hügelzone der Tieflagen vor. Der Bestand des Wildschweins ist nicht genau bekannt. Er dürfte zunehmen, weil das Wildschwein sein Verbreitungsgebiet vom Mittelland gegen die Voralpen hin ausdehnt. Bei den Grossraubtierarten hat sich der Luchs mit zwei Populationen in der Schweiz etabliert und besiedelt die Wälder des Juras und der Alpen. Während sich der Wolf seit seiner Ausrottung im 19. Jahrhundert erstmals wieder fortpflanzt, tritt der Braunbär bisher nur sporadisch in den Talschaften von Mittel- und Südbünden auf.

Spezialisierte Arten

Der Schweizer Wald übernimmt für viele Arten die Funktion eines stabilen Rückzugsgebietes. Diese Funktion wird in Zukunft bei einem sich verändernden Klima weiter an Bedeutung gewinnen. Über 80 Prozent der Waldpflanzen sind verbreitet und nicht gefährdet (Cordillot und Klaus 2011). Damit ist der Anteil an gefährdeten Waldpflanzen deutlich tiefer als in anderen Lebensräumen. Bei einzelnen Artengruppen wie Flechten, Moosen, Grosspilzen oder Schnecken ist der Anteil der gefährdeten Arten im Wald hingegen beträchtlich (Kap. 4.8). Wichtige Gründe dafür sind Lebensraumveränderungen durch forstliche Eingriffe, mangelndes Alt- und Totholz (Kap. 4.5) oder Bodenversauerung durch standortfremde Fichtenbestände. Ein Beispiel für Gefährdung durch Bodenversauerung ist die Graue Schliessmundschnecke (*Bulgarica cana*, Abb. 4.1.4), die zu den stark gefährdeten Arten der naturnahen Laubwälder gehört. Eine Tiergruppe, welche besonders unter dem Mangel an Wäldern mit natürlichen Lebenszyklen und an Totholz leidet, sind die sogenannten Urwaldreliktarten. Das sind xylobionte Käferarten, die auf lange Entwicklungszyklen angewiesen sind, eine grosse Bindung zur Alters- und Zerfallsphase des Waldes haben und hohe Ansprüche an die Totholzqualität und -quantität stellen (Kap. 4.5). In bayerischen Naturwaldreservaten kommen 22 Arten vor, während in der Schweiz bislang nur 7 Arten gefunden wurden. Eine Differenz gibt es auch bei den Urwaldreliktarten der Roten Liste der Totholzkäfer Europas, für welche gesicherte Nachweise aus Deutschland existieren. Von diesen Urwaldreliktarten wurden bis anhin nur 46 Prozent in der Schweiz nachgewiesen (Stand: Dezember 2013).

Die Vogelarten, welche spezifische Ansprüche an den Lebensraum Wald stellen, entwickelten sich unterschiedlich: Arten wie Waldschnepfe, Baumpieper, Gartenrotschwanz und Fitis verzeichneten in den letzten 25 Jahren, Grauspecht und Waldlaubsänger in den letzten 15 Jahren rückläufige Bestandesentwicklungen oder sind regional verschwunden. Arten wie Haselhuhn, Dreizehenspecht und Mittelspecht dagegen haben zugenommen. Die Gründe dafür sind vielfältig: Das Haselhuhn wurde durch die Waldentwicklung nach den Orkanen «Vivian» und «Lothar» gefördert, während der Dreizehenspecht vom grösseren Totholzangebot profitiert. Gartenrotschwanz und Baumpieper dagegen wären vermehrt auf lückiglichte Wälder oder Lebensraummosaike angewiesen, in denen sich extensiv genutzte Landwirtschaftsflächen mit locker aufgebauten Wäldern verzahnen.

4.2 Verjüngung

Urs-Beat Brändli, Nicole Imesch

> *Unbestockte Verjüngungsflächen entstehen durch Holzschlag oder durch natürliche Störungen wie Stürme oder Waldbrände und bieten Lebensraum für licht- und wärmebedürftige Arten. Zwischen 1995 und 2006 haben sich diese Flächen verdoppelt, was unter anderem eine Folge des Orkans «Lothar» ist.*

> *Naturverjüngung hat ökonomische und ökologische Vorteile gegenüber Pflanzungen. In der Schweiz hat sie stark zugenommen: Heute sind 90 Prozent der Waldbestände in der Verjüngungs- und Jungwaldphase aus natürlicher Ansamung entstanden. Damit liegt die Schweiz an der Spitze der westeuropäischen Länder.*

> *Pflanzungen haben seit 1995 weiter stark abgenommen. Gepflanzt wird heute nur noch, um Schutzwälder zu stärken, die Artenvielfalt zu fördern oder Wertholz einheimischer Baumarten zu produzieren.*

> *Die Verjüngung einiger Baumarten ist durch das Schalenwild stark beeinträchtigt. Bei der empfindlichen Weisstanne nimmt der Verbiss seit 1995 zu, und bei der seltenen Eibe kommt seit Jahrzehnten kaum Jungwuchs auf.*

Verjüngungsflächen

Junger Wald gehört zur Vielfalt der Lebensräume im Wald. Natürlicherweise entsteht er an Stellen, wo alte Bäume absterben. Er kann kleinflächig nachwachsen, wenn einzelne Bäume absterben, oder auch grossflächig, wenn Stürme, Waldbrände und andere Störungen grosse Lichtungen entstehen lassen. Die Waldbewirtschafter ahmen diese natürlichen Vorgänge nach: Sie verjüngen Wälder entweder durch das Fällen einzelner Bäume (im Gebirgsplenter-, Plenter- und Dauerwald) oder durch das Schlagen der Bäume auf kleinen Flächen, die bis zu einer halben Hektare gross sind (im schlagweisen Hochwald).

Verjüngungsflächen – vorübergehend unbestockte Flächen, auf denen junger Wald nachwachsen soll – bieten beste Voraussetzungen für eine vielfältige Waldsukzession (Priewasser 2013): Sie ermöglichen nicht nur den Generationenwechsel von Bäumen, sondern sind auch Lebensräume für licht- und wärmebedürftige Tier- und Pflanzenarten. Dabei spielt es keine Rolle, ob sie natürlicherweise oder durch kleinflächige Holzschläge entstehen. Im Schweizer Wald haben sich die Verjüngungsflächen gemäss Landesforstinventar LFI zwischen 1995 und 2006 verdoppelt – einen Grossteil davon hat der Orkan «Lothar» im Jahr 1999 entstehen lassen. Grosse Verjüngungsflächen begünstigen lichtbedürftige Baumarten, wie Weiden, Pappeln, Birken, Vogelbeeren oder Eichen.

Naturverjüngung oder Pflanzung?

Grundsätzlich verjüngen sich Wälder von selbst. Naturverjüngung hat viele ökologische Vorteile: Wälder, die sich natürlich verjüngen, sind vielfältiger, weil sie aus mehr Baumarten bestehen und eine höhere genetische Vielfalt aufweisen. Ausserdem sind die Baumarten gut an den Standort angepasst. Beides mindert das Risiko von Ausfällen, gerade im Hinblick auf den Klimawandel. Auch nicht einheimische (Kap. 4.4) oder schlecht an den Standort angepasste Baumarten können sich selbst verjüngen, was aus forstlicher und ökologischer Sicht oft nicht erwünscht ist. Eine Naturverjüngung ist deshalb nicht generell besser als Pflanzungen. Solche sind für die Umwandlung von Fichtenreinbeständen in naturnahe Wälder oft sogar unumgänglich. 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 oder wirtschaftlich interessante Arten gefördert werden sollen oder wenn ein Schutzwald rasch wirken soll. Trotzdem wird heute weniger gepflanzt als früher, hauptsächlich aus drei Gründen: Pflanzungen kosten, sie können bei grossflächigem Einsatz den Prinzipien des naturnahen Waldbaus widersprechen, und gepflanzte Bäumchen werden vom Wild besonders gern gefressen (vgl. unten *Wildverbiss*).

Insgesamt wird im Schweizer Wald immer mehr natürlich verjüngt. Bei den Waldbeständen, die sich in der Verjüngungs- und Jungwaldphase befinden, ist der Anteil der Naturverjüngung gemäss LFI zwischen 1995 und 2013 von 81 auf 90 Prozent gestiegen. In den Gebirgswäldern der subalpinen Stufe liegt deren Anteil gar bei 98 Prozent. Wird auf grösseren Flächen verjüngt – meist in tiefer gelegenen Wäldern –, entstehen sogenannte Jungwüchse und Dickungen. Auf die-

sen Flächen ist der Anteil reiner Naturverjüngung zwischen 1995 und 2013 von 64 auf 79 Prozent angestiegen (Abb. 4.2.1). In der gleichen Zeit ging die Anzahl der jährlich gepflanzten Bäume von 4,4 auf 1,2 Millionen zurück (BAFU 2013a).

Wildverbiss

Nur wenige Jungpflanzen schaffen es, ausgewachsene Bäume zu werden: Konkurrenz zwischen den Jungbäumen, Mangel an Licht oder Wasser, Fröste, Insekten und Krankheiten lassen viele von ihnen absterben. Der Lichtmangel lässt sich durch Holzschläge beheben. Dort wo Altbestände hinreichend aufgelichtet sind, kommen aus der Naturverjüngung in der Regel genügend viele Bäumchen aus standortgerechten Arten auf. An Orten mit überhöhten Wildbeständen (v. a. Reh, Hirsch, Gämse) ist die Verjüngung jedoch gefährdet. Hier fressen die Tiere die Jungpflanzen über das normale Mass hinaus ab, sodass sie deren Aufwachsen behindern oder gar verhindern. Sie bevorzugen Weisstanne (Abb. 4.2.2), Ahorn, Esche, Eiche und Eibe. Fichte und Buche hingegen mögen sie weniger. Für Baumarten, die sich in grosser Zahl vermehren, wie Ahorn oder Esche, ist die Anzahl junger Bäumchen trotz Verbiss meist genügend hoch. Bei der wichtigen Schutzwaldbaumart Weisstanne, der ökologisch interessanten Eiche und der seltenen Eibe und Elsbeere ist der Verbiss jedoch oftmals so gross, dass die natürliche Verjüngung nicht mehr gewährleistet ist. So kommt im Schweizer Wald seit Jahrzehnten praktisch kein Eiben-Nachwuchs auf (Brändli et al. 2009). Die Verbissintensität wird gemessen, indem die Anzahl verbissener Endtriebe gezählt und durch die gesamte Jungwaldstammzahl geteilt wird. Insgesamt hat sie zwischen 1995 und 2013 im Jura, im Mittelland und in den Voralpen leicht abgenommen, in den Alpen und insbesondere auf der Alpensüdseite jedoch zugenommen. Die Zunahme lässt sich in den Alpen hauptsächlich durch den stärkeren Weisstannenverbiss, auf der Alpensüdseite durch einen grösseren Verbiss von Laubholzarten wie Ahorn und Esche erklären (Brändli et al. 2015). Eine natürliche Verjüngung dieser Arten ist ohne teure Schutzmassnahmen wie Zäune und Einzelschütze vielerorts nicht mehr möglich, obwohl das Waldgesetz eine solche verlangt. Ein wichtiger Grund für die Zunahme des Verbisses sind die wachsenden Bestände des Rothirsches (Kap. 4.1). Hinzu kommen Fege- und Schälschäden – hauptsächlich durch den Rothirsch – an 3 Prozent der Jungbäume mit einem Durchmesser von 1 bis 11 Zentimetern (Brändli et al. 2015). Von zentraler Bedeutung für die Problemlösung ist die jagdliche Regulierung des Wildes. Aber auch Massnahmen zur Lebensraumaufwertung und -beruhigung, die das Nahrungsangebot des Wildes verbessern und Störungen reduzieren, sind wichtig. Solche Massnahmen betreffen neben dem Forstdienst auch weitere Akteure wie den Tourismus oder die Landwirtschaft. Voraussetzung für die Problemlösung ist eine partnerschaftliche Zusammenarbeit zwischen Jagd- und Forstbehörden. Mit der Erarbeitung von Wald-Wild-Konzepten (BAFU 2010) wird diese gefördert.

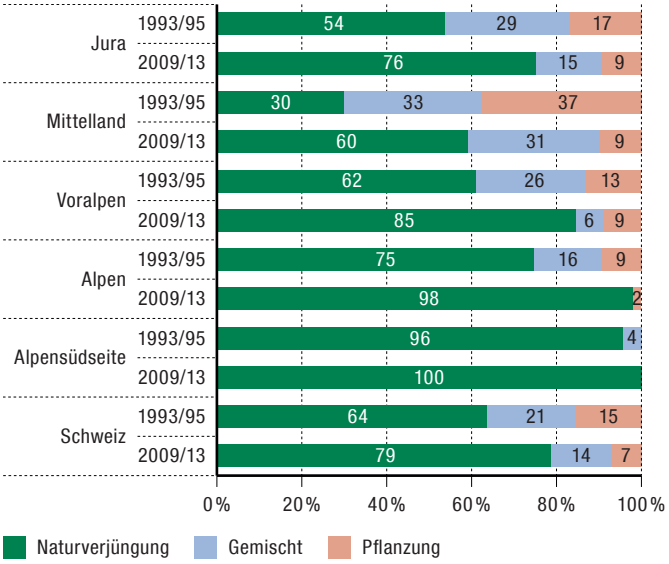


Abb. 4.2.1 *Flächenanteile der Naturverjüngung in Jungwüchsen und Dickungen für die ganze Schweiz sowie für die fünf Produktionsregionen. Quelle: LFI*

Abb. 4.2.2 *Verbiss durch Rehwild am Gipfeltrieb und an den Seitentrieben einer Weisstanne. Foto: Urs-Beat Brändli*

4.3 Naturnähe

Urs-Beat Brändli, Peter Brang

> *Der Schweizer Wald ist Teil einer jahrhundertealten Kulturlandschaft. Urwälder gibt es in der Schweiz so gut wie keine mehr, doch 19 Prozent der Waldfläche wurden seit über 50 Jahren nicht mehr genutzt. Rund 5 Prozent der gesamten Waldfläche wurden sogar seit über 100 Jahren weder bewirtschaftet noch mit Vieh beweidet.*

> *Auch bewirtschaftete Wälder können dem Naturzustand nahekommen, wenn sie aus standortheimischen Baumarten bestehen. In den Tieflagen fehlen jedoch Wälder mit alten Entwicklungsphasen, die für die Artenvielfalt besonders wichtig sind.*

> *Bei der Waldbewirtschaftung werden vermehrt naturnahe Laubmischwälder gefördert. Seit 1995[1] sind im Mittelland naturferne reine Fichtenbestände von 11 auf 6 Prozent zurückgegangen.*

Aus dem Grad der Naturnähe lässt sich ableiten, wie stark der Mensch einen Wald in seinem Aufbau und seinen Prozessen beeinflusst und verändert hat. Im Zentrum stehen dabei zwei Fragen: Wie hoch ist der Anteil der ursprünglichen, ungestörten Natur- und Urwälder? Und wie natürlich sind die bewirtschafteten Wälder dank dem naturnahen Waldbau?

Urwald und Naturwald

Urwälder haben keinerlei Veränderungen durch den Menschen erfahren. Solche ursprünglichen Lebensräume sind wertvoll, da hier alle natürlichen Prozesse ungehindert ablaufen können. Zwar leben in mitteleuropäischen Urwäldern oft nicht mehr Arten als in den genutzten Wäldern. Die Urwälder beherbergen jedoch mehr störungsempfindliche Arten und mehr Arten, die für ihre Entwicklung auf alte Wälder angewiesen sind, wie bestimmte Mollusken (Weichtiere), Moose und Flechten (BDM 2009). In Europa (ohne Russland) machen Urwälder nur noch 4 Prozent der Waldfläche aus (Forest Europe et al. 2011), und diese kommen vorwiegend in Skandinavien und Osteuropa vor. In der Schweiz bedecken Urwälder nur rund 30 Hektaren und damit weniger als 0,01 Prozent der gesamten Waldfläche. Sie liegen in Derborence (VS) und Scatlè (GR). Auch der Bödmerenwald (SZ) weist gewisse Eigenschaften eines Urwaldes auf.

Naturwälder sind Wälder, die aus Naturverjüngung hervorgegangen sind und sich seit längerer Zeit ohne Eingriffe des Menschen frei entwickeln (Commarmot und Brang 2011). Die Zusammensetzung ihrer Baumarten entspricht derjenigen von Urwäldern. Sie entstehen dort, wo Wälder mit naturnaher Zusammensetzung ihrer Baumarten nicht mehr bewirtschaftet werden, und durchlaufen mit der Zeit alle Phasen einer natürlichen Waldentwicklung. Heute ist dies zunehmend auf der Alpensüdseite und in Hochlagen der Fall. Der Anteil an Wäldern, die seit mindestens 50 Jahren nicht mehr genutzt wurden, ist zwischen 1995 und 2013 von 14 auf 19 Prozent gestiegen. Die regionalen Unterschiede sind jedoch beträchtlich: Auf der Alpensüdseite sind es heute 59 Prozent, im Mittelland dagegen durchschnittlich nur 2 Prozent (Abb. 4.3.1). Rund 5 Prozent der Waldfläche wurden sogar seit mehr als 100 Jahren weder bewirtschaftet noch mit Vieh beweidet (Brändli et al. 2010a). Dies sind grösstenteils Naturwälder, die bei weiterhin ausbleibender Nutzung auf natürliche Weise altern. Auch die Bestände in den Naturwaldreservaten (Kap. 4.9) entwickeln sich allmählich zu Naturwäldern.

Nicht alle Naturwälder sind ideale Lebensräume. Die Nähe zur Zivilisation und die Dichte der Waldwege und -strassen können ihre Qualität als Lebensraum beeinträchtigen. Beispielsweise stören Menschen und Hunde empfindliche Tiere wie das Auerhuhn. Ungestörte Lebensräume sind in der Schweiz rar geworden: Nur 21 Prozent der Waldfläche liegen mehr als 500 Meter von einer Waldstrasse entfernt. Einige dieser abgelegenen Wälder wurden seit über 100 Jahren nicht mehr genutzt und gelten als «ungestörte Waldwildnis». Sie machen rund 3 Prozent der Waldfläche aus (Brändli et al. 2010a).

Naturnaher Waldbau

In der Schweiz werden Wälder in erster Linie zur Holzproduktion und zum Schutz vor Naturgefahren bewirtschaftet (Kap. 1.1), wobei das Waldgesetz ein naturnahes Vorgehen vorschreibt. Dies zeigt sich zum Beispiel in der Baumartenmischung, die zu einem grossen Teil naturnah ist (Abb. 4.3.2). In den Tieflagen, wo natürlicherweise Laubwälder vorkommen, ist der Anteil an Nadelhölzern aber oft grösser als in

Naturwäldern. Heute machen die naturfernen (>75 % Nadelholzanteil) und sehr naturfernen Bestände (>75 % Fichtenanteil) des Laubwaldareals noch 21 Prozent der gesamten Waldfläche aus. Ein Viertel davon sind Fichtenreinbestände mit einem Fichtenanteil von über 90 Prozent (Brändli et al. 2015). Solche Wälder bergen ökologische und ökonomische Risiken: Sie sind artenarm und anfällig für Windwurf und Borkenkäferbefall. Zwischen 1995 und 2013 hat die Fläche der sehr naturfernen Bestände gesamtschweizerisch von 12 auf 9 Prozent abgenommen, im Mittelland von 19 auf 11 Prozent, bei den Fichtenreinbeständen im Mittelland von 11 auf 6 Prozent. Diese Entwicklung ist auf Windwürfe, Borkenkäferbefall und den seit einigen Jahrzehnten praktizierten naturnahen Waldbau zurückzuführen. Eine weitere Folge dieser Bewirtschaftungsweise ist auch, dass die Naturverjüngung mit standortgerechten Baumarten stetig zunimmt (Kap. 4.2). Der naturnahe Waldbau orientiert sich an der Baumartenzusammensetzung des Naturwaldes, strebt aus wirtschaftlichen Gründen jedoch einen etwas höheren Nadelholzanteil an.

In bewirtschafteten Wäldern werden die Bäume und Bestände lange vor ihrem natürlichen Tod geerntet. In der Regel erreichen sie kaum die Hälfte ihrer natürlichen Lebensdauer (Kap. 1.3). Um die Voraussetzungen für die Artenvielfalt zu verbessern, werden daher Totholz und Habitatbäume belassen sowie Altholzinseln und Reservate geschaffen (Kap. 4.5).

Bestimmte Waldtypen sind für die Lebensraumvielfalt besonders wichtig. Analog zu den national prioritären Waldarten (Kap. 4.8) hat der Bund daher eine Liste der national prioritären Waldgesellschaften erstellt (BAFU 2015). Von den insgesamt 121 in der Schweiz vorkommenden Waldgesellschaften bekamen 50 die hohen Prioritätsgrade 1–3; diese nehmen schätzungsweise 3,4 Prozent der Waldfläche ein. Weitere 26 Waldgesellschaften haben die geringere 4. Priorität, beispielsweise Lärchen-Arvenwälder. Diese sind hierzulande zwar ungefährdet, aber die Schweiz trägt für sie europaweit eine grosse Verantwortung. Ihre Qualität kann entweder durch den naturnahen Waldbau oder durch die Unterschutzstellung in Naturwald- oder Sonderwaldreservaten erhalten werden.

[1] Entwicklung seit dem Erscheinen des Waldberichts 2005. Dieser bezog sich auf Daten des LFI 1993/95.

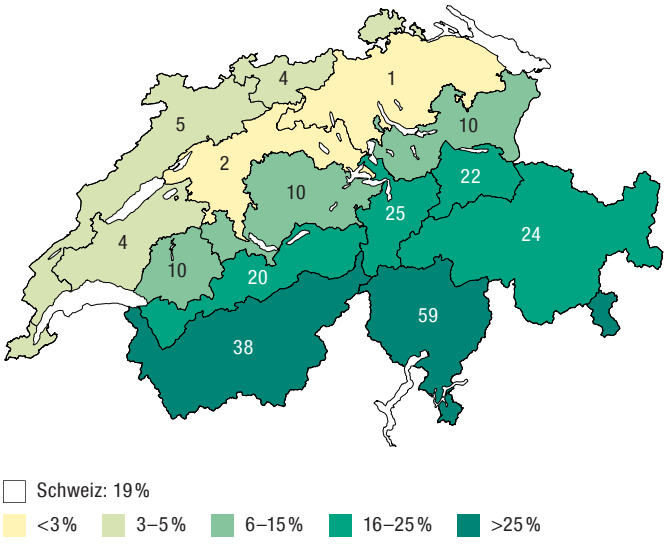


Abb. 4.3.1 *Anteile der Waldfläche, die seit über 50 Jahren frei von forstlichen Eingriffen ist. Dargestellt sind die 14 Wirtschaftsregionen. Quelle: LFI 2009/13*

Abb. 4.3.2 *Naturnaher Wirtschaftswald mit standortgerechter Baumartenmischung und Naturverjüngung. Foto: Urs-Beat Brändli*

4.4 Nicht einheimische Baumarten

Marco Conedera, Urs-Beat Brändli

> *In der Schweizer Forstwirtschaft spielt der Anbau nicht einheimischer Baumarten eine kleine Rolle: Sie machen – wie schon im Waldbericht 2005 aufgezeigt – nur 0,6 Prozent aller Bäume aus.*

> *Die meisten nicht einheimischen Waldbaumarten wurden aktiv eingeführt und stellen heute keine Bedrohung für den Schweizer Wald dar.*

> *Unter besonderen Umweltbedingungen können sich nicht einheimische Arten invasiv ausbreiten. Ein Beispiel dafür ist der Götterbaum, dessen Ausbreitung seit dem Waldbericht 2005 erstmals auch in der Verjüngung erkennbar ist.*

Neophyten

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 Prozent der gesamten Schweizer Flora aus (Lauber et al. 2012). In anderen mitteleuropäischen Ländern sind die Anteile der Neophyten an der gesamten Flora ähnlich gross. Auch im Wald kommen Neophyten vor. Einige davon sind nicht einheimische Baumarten, die von der Waldwirtschaft genutzt werden und hierfür vom Menschen eingeführt wurden. Sie sind nützlich, und ihre Bestände werden kontrolliert. Andere Neophyten breiten sich ohne Zutun des Menschen aus. Wenn sie sich so stark ausbreiten, dass sie einheimische Arten verdrängen und dadurch das Gleichgewicht von Waldlebensräumen und natürlichen Waldgesellschaften stören, werden sie von den Fachleuten als invasiv bezeichnet. Diejenigen Pflanzen, welche sich als besonders invasiv erweisen, sind auch in der Liste der verbotenen invasiven gebietsfremden Organismen aufgeführt (Freisetzungsverordnung 2008, Anhang 2). Auf der Liste befindet sich ausserdem 1 Baumart, der Essigbaum (*Rhus typhina*). Zusätzlich stehen 2 weitere Baumarten und 3 Sträucher beziehungsweise Lianen wegen ihres invasiven Verhaltens auf der Schwarzen Liste der invasiven Arten der Schweiz. Die Liste enthält 16 weitere Pflanzenarten, die vorwiegend in der Krautschicht wachsen und von denen einige das Potenzial haben, sich im Wald invasiv auszubreiten (Nobis 2008).

Exoten im Schweizer Wald

Als Exoten werden nicht einheimische Baumarten bezeichnet. Ihr Anteil im Schweizer Wald ist seit 1985 stabil geblieben und beträgt 0,6 Prozent (Brändli et al. 2015). Wenn die Exoten in der Artenmischung auf einer LFI-Probefläche mehr als 50 Prozent des Holzvorrates ausmachen, bezeichnen Fachleute den Exotenanteil als dominant. Zwischen 1995 und 2013 ist der Anteil der von Exoten dominierten Waldfläche gemäss Landesforstinventar LFI nicht signifikant gewachsen, nämlich von 0,4 auf 0,5 Prozent. Am häufigsten sind solche Waldbestände im westlichen und zentralen Mittelland sowie im östlichen Jura (Abb. 4.4.1).

Nicht einheimische Baumarten kommen fast ausschliesslich in tiefen Lagen bis 1000 m ü. M. vor. Die meisten Exoten sind Arten, die für die Holzgewinnung eingeführt wurden (Tab. 4.4.1). Da sie bewirtschaftet werden, ist ihre Verjüngung kontrolliert, was vom LFI 2009/13 bestätigt wird: Die Arten sind im Jungwald kaum vertreten, mit Ausnahme von Douglasie und Roteiche. Die meisten eingeführten Waldbaumarten verhalten sich nicht invasiv und stellen somit heute keine ökologische Bedrohung für den Schweizer Wald dar (Weber 2002). In einigen mitteleuropäischen Ländern ist der Anbau exotischer Baumarten eine wichtige Einkommensquelle für die Forstwirtschaft. In der Schweiz dagegen ist sie vernachlässigbar: Die hierzulande aus Exoten produzierte Holzmenge ist so gering, dass nur für die häufigsten Exoten ein Nischenmarkt besteht. In Zukunft könnte sich das ändern. Der Klimawandel könnte dazu führen, dass vermehrt nicht einheimische Baumarten gepflanzt werden oder dass diese sich natürlicherweise ausbreiten.

So verjüngt sich zum Beispiel die Douglasie in Deutschland auf warmen, trockenen, bodensauren und nährstoffarmen Standorten stark und vermag dort andere Baumarten zu verdrängen (Tschopp et al. 2012). Das Invasionspotenzial nicht einheimischer Baumarten und die daraus folgenden ökologischen und ökonomischen Auswirkungen auf den Wald beziehungsweise die Waldwirtschaft sind heute noch nicht genau abschätzbar. Um die Kenntnisse zu verbessern, müssen diese Arten, auch im Hinblick auf den Klimawandel, genauer erforscht werden.

Tab. 4.4.1
*Stammzahl und Stammanteil von Exoten im Schweizer Wald. Gezählt wurden Bäume ab einem Brusthöhendurchmesser von 12 Zentimetern. *Für die Holzgewinnung eingeführte Exoten. Quelle: LFI 2004/06*

Art	Wissenschaftlicher Name	Anzahl	Anteil (%)
Robinie*	*Robinia pseudoacacia*	1 065 000	0,21
Douglasie*	*Pseudotsuga menziesii*	1 041 000	0,21
Schwarzföhre*	*Pinus nigra*	222 000	0,04
Strobe*	*Pinus strobus*	77 000	0,02
Roteiche*	*Quercus rubra*	141 000	0,03
Zuchtpappeln*	z. B. *Populus x canadensis*	81 000	0,02
Götterbaum	*Ailanthus altissima*	63 000	0,01
Übrige Exoten		502 000	0,10
Exoten total		**3 192 000**	**0,64**

Invasive Gehölze

Damit sich Bäume und andere Gehölze invasiv ausbreiten können, braucht es bestimmte Umweltbedingungen, die meistens nur lokal gegeben sind: beispielsweise ein mildes Klima, kombiniert mit brachgelegten landwirtschaftlichen Flächen oder mit gestörten oder sich selbst überlassenen Waldbeständen. Heute finden wir solche Voraussetzungen insbesondere in den Tieflagen der Alpensüdseite und teilweise in den Hauptalpentälern vor.

Ein Beispiel eines invasiven Neophyten ist der Götterbaum. Diese aus China stammende Laubbaumart verdrängt auf der Alpensüdseite die einheimischen Pflanzen und besiedelt vorwiegend Rohböden sowie brachgelegte, an den Wald angrenzende Wiesen. Die geflügelten Samen des Götterbaums können in grossen Mengen über Hunderte von Metern verfrachtet werden, sodass er sich vor allem auf gestörten und vorübergehend offenen Waldflächen wie Schlag oder Waldbrandgebieten ausbreitet. Das LFI 2009/13 stellte den Götterbaum bereits im Jungwald fest.

Auf der Alpensüdseite wachsen viele Flächen zu, die vom Menschen nicht mehr genutzt werden. Dabei handelt es sich vorwiegend um ehemalige Rebberge und verlassene Kastanienniederwälder in der Nähe von Seen. Die Kraut- und Baumschicht solcher Flächen wird sowohl von einheimischen als auch von nicht einheimischen Pflanzenarten besiedelt. Von den einheimischen Arten wachsen vor allem Efeu und Stechpalme ein, von den nicht einheimischen Arten sind es meist immergrüne Gehölze aus umliegenden Gärten, beispielsweise Kampferbaum, Kirschlorbeer und echter Lorbeer, dornige Ölweide oder Hanfpalme. Auch auf der Alpennordseite wurde dieselbe Ausbreitungstendenz festgestellt. Dort können sich Kirschlorbeer oder Henrys Geissblatt invasiv verhalten. Letzteres ist eine verholzte Liane, welche im Wald die Verjüngung zu unterdrücken vermag (Weber 2005).

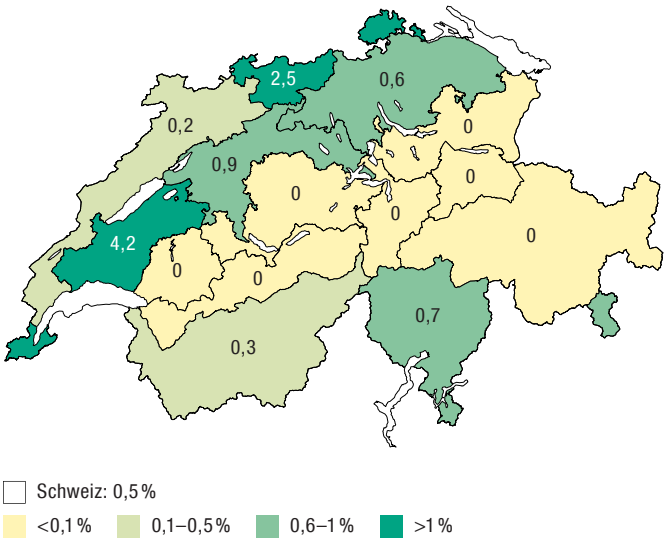


Abb. 4.4.1 *Anteil der von Exoten dominierten Waldfläche pro Wirtschaftsregion. Quelle: LFI 2009/13*

4.5 Totholz

Thibault Lachat, Urs-Beat Brändli, Markus Bolliger

> *Totholz und Habitatbäume sind für mehr als 20 Prozent der im Wald lebenden Arten unersetzliches Habitat und Nahrungsquelle. Viele dieser 6000 Arten sind gefährdet.*
> *Stürme, ein zunehmendes Verständnis für ökologische Zusammenhänge sowie die tiefen Holzpreise sind für die Zunahme des Totholzvolumens und der Habitatbäume verantwortlich.*
> *Gemäss Landesforstinventar LFI hat sich das Totholzvolumen im Zeitraum von 1995 bis 2013 verdoppelt und erreicht heute im Schweizer Wald 24 Kubikmeter pro Hektare. Diese Menge reicht jedoch nicht überall, um gefährdete Arten zu erhalten – vor allem im Mittelland und im Jura bestehen erhebliche Defizite. Totholz mit grossem Durchmesser und in späten Abbaustadien ist gesamtschweizerisch nach wie vor selten.*
> *Durch die intensivierte Gewinnung von Energieholz könnten Habitatbäume und frisches Totholz wieder wirtschaftlichen Wert bekommen: Ihre Erhaltung im Wald muss deshalb mit besonderen Massnahmen gesichert werden.*

Totholz und Habitatbäume

Als Totholz werden abgestorbene Bäume oder Baumteile bezeichnet; diese können stehen oder liegen und die Form von dünnen Ästen oder dicken Stämmen haben. Totholz entsteht entweder durch das natürliche Sterben eines Baumes oder eines Teils davon – beispielsweise durch Alterung, Windwurf, Krankheiten oder Schädlinge (Kap. 2.4) – oder es fällt als Holzernterest bei der Bewirtschaftung an. Unter Habitatbäumen, auch Biotopbäume genannt, versteht man lebende Bäume mit Habitaten für spezialisierte Arten, beispielsweise hohle Bäume mit Mulm für bestimmte Käfer oder Bäume mit Rissen für Fledermäuse (Abb. 4.5.1).

Totholz und Habitatbäume sind für das Ökosystem Wald wichtig, weil rund 6000 Arten auf sie als Lebensraum oder Nahrungsquelle angewiesen sind. Über 1700 Käferarten und 2700 höhere Pilze zählen dazu, aber auch viele Vögel, Amphibien, Moose und Flechten. Eine Zunahme an Habitatbäumen und Totholz fördert daher die Biodiversität. Totholz hat noch weitere Funktionen: Es kann – richtig angeordnet – gegen Steinschlag schützen oder als Keimbeet für Baumsamen dienen und somit die Naturverjüngung (Kap. 4.2) in Gebirgswäldern fördern.

Totholz nimmt zu

Die Entwicklung im Schweizer Wald ist erfreulich: Das Volumen an Totholz sowie die Anzahl Dürrständer nehmen seit den 1980er-Jahren zu. Gemäss LFI hat sich das Totholzvolumen zwischen 1995 und 2013 von 11 auf 24 Kubikmeter pro Hektare (m^3/ha) mehr als verdoppelt. Ausserdem ist die Anzahl mächtiger Bäume mit einem Durchmesser von mehr als 80 Zentimetern gestiegen (Kap. 1.3). Die Zunahme des Totholzes ist unter anderem eine Folge des Orkans «Lothar». Dazu beigetragen hat auch, dass die Holzernte in schlecht zugänglichen Gebieten nicht mehr rentabel ist und deshalb zahlreiche Bestände seit Jahrzehnten nicht mehr bewirtschaftet werden (Kap. 4.3). Zusätzlich hat sich die Akzeptanz für Totholz und Habitatbäume bei Waldbesitzern und -bewirtschaftern in den letzten Jahrzehnten verbessert. Dies führt dazu, dass mehr Totholz im Wald toleriert wird und Habitatbäume gezielt stehen gelassen werden.

Vom Anstieg des Totholzes, der Dürrständer und der dicken, alten Bäume im Schweizer Wald können viele Tier- und Pflanzenarten profitieren, etwa die meisten Spechtarten (Mollet et al. 2009) und einige holzbewohnende Arten. Beispielsweise nehmen seit dem 2. Weltkrieg die Bestände des Alpenbocks (*Rosalia alpina*) zu (Lachat et al. 2013), unter anderem dank der Zunahme toter, gut besonnter Buchen in tieferen und mittleren Lagen.

Schwellenwerte

Wie viel Totholz ist nötig, um gefährdete Arten zu erhalten? Diese Frage lässt sich mithilfe sogenannter Schwellenwerte beantworten. Damit werden die Mindestmengen an Totholz bezeichnet, die für die Erhaltung spezialisierter Arten notwendig sind. Die meisten xylobionten Arten brauchen zwischen 20 und 50 m^3/ha. Dabei bestehen Unterschiede zwischen Waldtypen: In montan-subalpinen Nadelwäldern braucht es 20 bis 30 m^3/ha, während in Eichen-Buchenwäldern 30 bis

50 m³/ha nötig sind (Müller und Bütler 2010). Besonders anspruchsvolle Arten wie der seltene Pilz Zitronengelbe Tramete (*Antrodiella citrinella*) brauchen über 100 m³/ha Totholz. Solch grosse Mengen kommen nur in Wäldern vor, die seit längerer Zeit nicht mehr bewirtschaftet wurden. In gewissen Regionen werden die Schwellenwerte der Totholzvolumen für die Erhaltung der meisten xylobionten Arten erreicht. Trotzdem gibt es zahlreiche Wälder, in denen dies nicht der Fall ist. Diese sind vor allem in den tiefen, gut erreichbaren Lagen des Juras und Mittellande zu finden. Dort sind die Totholzvolumen am geringsten und dementsprechend die ökologischen Defizite am höchsten (Abb. 4.5.2). Im Mittelland weisen nur Wälder, die von einem Sturm getroffen wurden, hohe Totholzvolumen auf.

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). Fachleute schätzen, dass mindestens 5 bis 10 Dürrständer oder Habitatbäume pro Hektare Wald erhalten bleiben müssen, damit die davon abhängigen Arten überleben können (Bütler et al. 2013). Totholz und Habitatbäume sollten zudem gut im Wald verteilt und vernetzt sowie konstant verfügbar sein. Ideal für die Biodiversität ist ein Netz aus grossen und kleinen Waldbeständen mit hohen Mengen an Totholz und vielen Habitatbäumen. Diese sollten in eine naturnahe Waldlandschaft eingebettet sein, in der alle Waldgebiete Totholz enthalten. Die Einrichtung und Sicherung von Naturwaldreservaten und Altholzinseln (Kap. 4.9) ist deshalb eine wichtige Massnahme, um das Überleben anspruchsvoller Arten auf Dauer zu gewährleisten.

Es ist schwierig abzuschätzen, wie sich in Zukunft die Menge an Totholz und die Anzahl Habitatbäume im Schweizer Wald entwickeln werden. Die zunehmende Nachfrage nach Energieholz könnte den Trend hin zu mehr Totholz brechen. Die grosse Herausforderung besteht darin, trotz verstärkter Holznutzung die Ansprüche der auf Habitatbäume und Totholz angewiesenen Arten zu erfüllen. Dafür braucht es Kompromisse zwischen ökonomischen und ökologischen Zielen, was die Waldbewirtschafter seit Jahrzehnten mit ganzheitlich angelegter Waldplanung zu erreichen versuchen (Waldentwicklungsplan WEP).

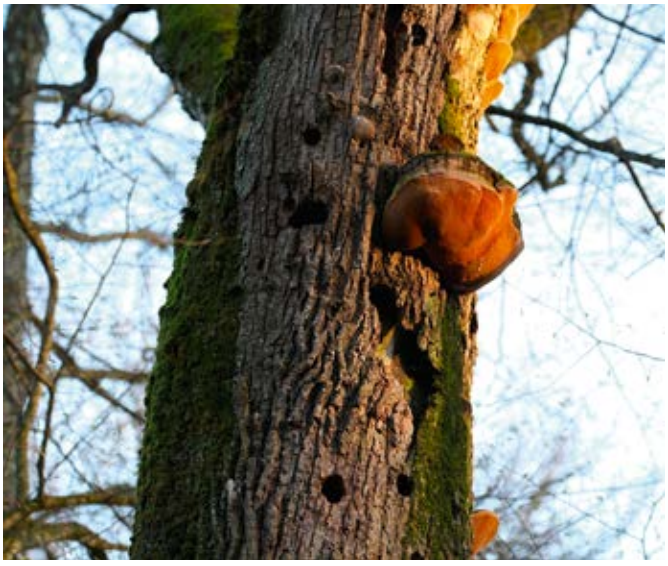


Abb. 4.5.1 *Habitatbaum mit Kleinhabitaten wie Spechthöhlen, Konsolenpilzen und Rindentaschen, die für spezialisierte Arten besonders wertvoll sind. Foto: Andreas Rigling*

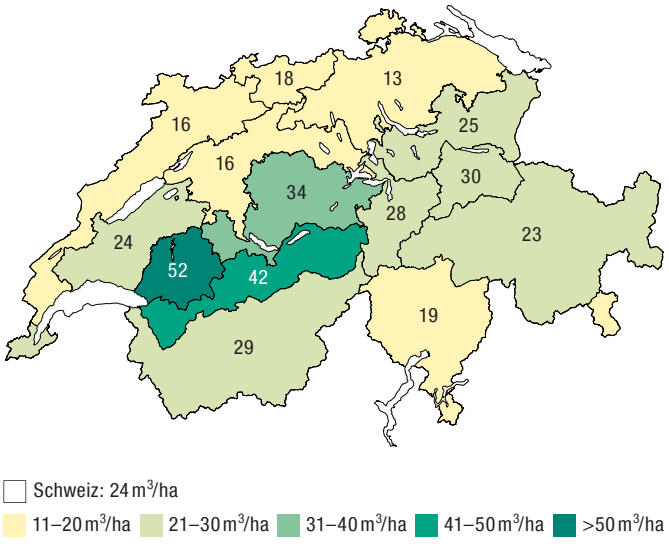


Abb. 4.5.2 *Durchschnittliches Totholzvolumen pro Wirtschaftsregion im Schweizer Wald. Quelle: LFI 2009/13*

4.6 Genetische Ressourcen

Felix Gugerli, Rolf Holderegger, Markus Bolliger

> *Grosse genetische Vielfalt trägt zur Erhaltung der Biodiversität bei und ist Voraussetzung dafür, dass sich Baumarten an das zukünftige Klima anpassen können.*

> *Die Schweiz setzt grösstenteils auf natürliche Verjüngung im Wald, wodurch die genetische Vielfalt bewahrt bleibt und gleichzeitig genetisch angepasste Bäume ausgelesen werden.*

> *Sonder- und Naturwaldreservate decken viele Anforderungen für die Erhaltung der genetischen Ressourcen ab. Besonders wertvolle Waldreservate können ausserdem den international anerkannten Status von Generhaltungsgebieten bekommen.*

> *Bei Neupflanzungen wird Saatgut aus ausgewählten regionalen Samenerntebeständen verwendet. Die natürlich entstandene genetische Vielfalt bleibt so gesichert.*

Genetische Vielfalt

Die genetische Vielfalt ist ein wichtiger Teil der Biodiversität und trägt dazu bei, an verschiedene Standorte angepasste Baumbestände zu sichern. Sie ist zudem eine Voraussetzung dafür, dass sich einheimische Baumarten an sich ändernde Umweltbedingungen anpassen, auch in Zukunft überleben und sich erfolgreich fortpflanzen können. Eine hohe genetische Vielfalt ist somit eine Voraussetzung dafür, dass der Schweizer Wald seine Funktionen erfüllt und dies auch unter veränderten Umweltbedingungen weiterhin tun kann. Wie lässt sich seine grosse genetische Vielfalt bewahren? Möglichst viele Bäume müssen über Pollen und Samen zur nächsten Generation beitragen. Ein Austausch von Genvarianten zwischen den Beständen hilft, diese zu vernetzen und dadurch die genetische Vielfalt regional zu erhalten (Abb. 4.6.1).

Erhaltungsmassnahmen

Die Schweiz hat sich international zum Schutz ihrer genetischen Ressourcen im Wald verpflichtet. Als Unterzeichnerstaat von Forest Europe, dem paneuropäischen forstpolitischen Prozess auf Ministerebene, hat sich die Schweiz verpflichtet, die entsprechenden Resolutionen umzusetzen. Massgebend bezüglich der genetischen Vielfalt ist die an der ersten Ministerkonferenz in Strassburg 1990 gefasste Resolution «Conservation of forest genetic resources». Sie wird über das Programm EUFORGEN (European Forest Genetic Resources Programme) umgesetzt, in dessen technischen Arbeitsgruppen die Schweiz mitwirkt. Gegenwärtig wird ein europäisches Informationssystem zur Erfassung der forstgenetischen Ressourcen geschaffen (EUFGIS). Die Länder sind aufgefordert, für prioritäre Baumarten – auf nationaler Ebene – Bestände zur Erhaltung der genetischen Ressourcen auszuweisen, sogenannte *gene conservation units* (GCUs).

Die genetischen Ressourcen im Schweizer Wald werden durch zahlreiche Massnahmen bewahrt und gefördert. Naturverjüngung trägt dazu bei, dass sowohl die Artenvielfalt als auch die genetische Vielfalt einheimischer Baumarten erhalten bleiben (Kap. 4.2). Auch Waldreservate (Kap. 4.9) begünstigen die genetische Vielfalt: In Sonderwaldreservaten werden gezielt einzelne Arten gefördert, und in Naturwaldreservaten wird gänzlich auf menschliche Eingriffe verzichtet. Gewisse

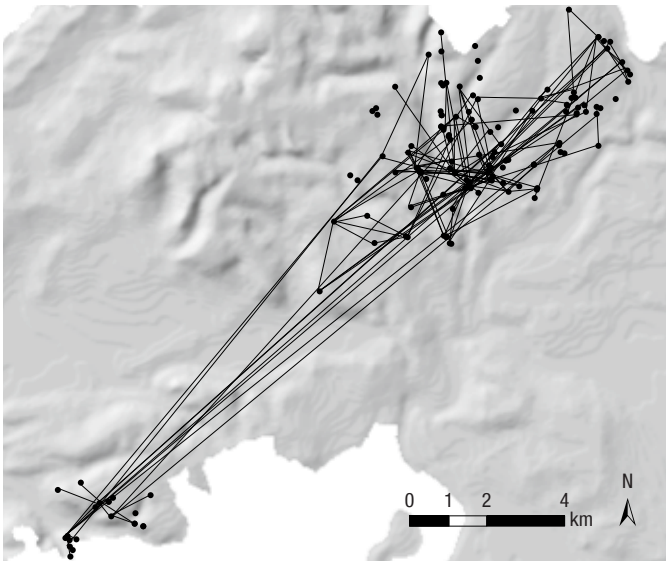


Abb. 4.6.1 *Genetische Vernetzung bei der seltenen Baumart Speierling im Kanton Schaffhausen: Die Linien stellen die Pollenausbreitung zwischen Einzelbäumen (Punkte) dar. Illustration nach Kamm et al. 2012*

Tab. 4.6.1

*Wälder von besonderem genetischem Interesse, Samenerntebestände und Samenplantagen in der Schweiz. *Bestände mit beschränkt dokumentierten Eigenschaften und geringer Anzahl Samenerntebäume. Quelle: Rudow et al. 2013, Nationaler Samenerntekataster 2014*

Kategorie	Anzahl Objekte	Fläche	Anzahl Arten
Wälder von besonderem genetischem Interesse	5	1157 ha	3
Ausgewählte Samenerntebestände	402	>2782 ha	34
Quellengesicherte Samenerntebestände*	1281	867 ha	35
Ex-situ-Samenplantagen und Klonarchive	15		13

Waldreservate sind für die Sicherung der genetischen Vielfalt einzelner oder mehrerer Baumarten besonders wertvoll und können den Status als Generhaltungsgebiete zugeteilt bekommen. Diese lösen die «Wälder von besonderem genetischem Interesse», wie sie beim Waldbericht 2005 verwendet wurden, ab. Gegenwärtig ist die ETH Zürich vom BAFU beauftragt, zusammen mit den Kantonen Generhaltungsgebiete für folgende Baumarten zu etablieren: Arve, Buche, Weisstanne, Fichte, Eibe, Schwarzpappel und Elsbeere.

Eine besondere Verantwortung trägt die Schweiz für die genetische Vielfalt von Baumarten, die hierzulande einen Verbreitungsschwerpunkt haben, beispielsweise für die Arve oder die Eibe. Diese Verpflichtung gilt ebenso für Bestände, welche in der Schweiz entweder geografisch oder ökologisch am Rande ihres natürlichen Verbreitungsgebietes vorkommen, beispielsweise die inneralpinen Weisstannenbestände.

Für viele Baumarten bestehen in der Schweiz sogenannte Samenerntebestände. Dabei handelt es sich um Wälder, deren Bäume spezielle Eigenschaften haben und aus denen standortgerechtes Saatgut für die Pflanzung von Jungbäumen entstammt. Die Samenerntebestände wurden nach bestimmten Kriterien wie Wuchsleistung oder -form ausgewählt, weshalb die genetische Vielfalt der darin enthaltenen Bäume eher eingeschränkt ist. Dies wird aber teilweise aufgehoben durch die Tatsache, dass die in diesen Beständen geernteten Samen von Pollen bestäubt wurden, dessen Herkunft nicht kontrolliert werden kann. Speziell angelegte Samenplantagen und andere Formen der Ex-situ-Erhaltung sind in der Schweiz auf kleine Flächen und auf wenige Baumarten beschränkt (Tab. 4.6.1). Sie sind nur in Ausnahmefällen eine Alternative zu natürlichen Samenerntebeständen.

Genetische Ressourcen nutzen

In Zukunft wird das Klima in der Schweiz wärmer und trockener. Die genetischen Ressourcen sind eine Grundlage für die Anpassungsfähigkeit der Wälder an diese Veränderungen und sollten genutzt werden. So können genetische Varianten von einheimischen Baumarten verwendet werden, die an Trockenheit oder Wärme angepasst sind. Voraussetzung dafür ist, dass bei Pflanzungen vermehrt auch die ökologische und nicht nur die regionale Herkunft beachtet wird. Erste Erkenntnisse dazu wird das Forschungsprogramm «Wald und Klimawandel» bringen, an dem zurzeit gearbeitet wird. Dabei werden vor allem wirtschaftlich bedeutende Arten wie Fichte, Buche und Weisstanne, aber auch Eichen, genetisch untersucht. In Zukunft können vielleicht vermehrt Baumarten in Laubmischwäldern angepflanzt werden, die bereits in der Schweiz vorkommen, aber bislang in der Waldwirtschaft kaum genutzt wurden, wie der Schneeballblättrige Ahorn oder die Elsbeere.

4.7 Wald in der Landschaft

Christian Ginzler, Felix Kienast

> *Der Schweizer Wald breitet sich in den Alpen seit Jahrzehnten aus: Dieser Trend ist ungebrochen.*
> *Die Waldmuster verändern sich weiterhin, indem kleine Waldflächen zu grossen zusammenwachsen. Dadurch gehen lockere, strukturreiche Lebensräume sowie Erholungsgebiete für den Menschen verloren.*
> *Durch die Waldflächenzunahme wird allerdings die Schutzwaldleistung verbessert.*
> *Störungen wie der Orkan «Lothar» schaffen offenere Flächen, während bestehende Waldgebiete allgemein dichter und dunkler werden.*

Waldmuster

Knapp ein Drittel der Schweizer Landesfläche ist mit Wald bedeckt. Dieser zeigt ein Muster, das durch die grossräumige Verteilung und die kleinräumige Anordnung einzelner Waldflächen in der Landschaft entstanden ist. Der Mensch hat dieses Waldmuster massgeblich mitgestaltet: Seit vielen Jahrhunderten prägen menschliche Tätigkeiten wie frühzeitliche Rodungen, Besiedlung und Strassenbau sowie Land- und Waldwirtschaft die Verteilung des Waldes. Die Waldmuster widerspiegeln somit das kulturgeschichtliche Erbe einer Region. Beispielsweise dehnt sich seit einigen Jahrzehnten der Wald in den Alpen auf Kosten der offenen Landschaft aus und verändert vielerorts das Waldmuster.

Die Luftaufnahmen für die Arealstatistik belegen, dass die Gehölze (Baumgruppen und Hecken) ausserhalb des Waldes zwischen den Erhebungen 1992/97 und 2004/09 um 2 bis 7 Prozent zurückgingen, je nach Region. Dies ist auf die Ausräumung in den Landwirtschaftsgebieten und die Ausbreitung von Siedlungen zurückzuführen. Diese Entwicklung verlief regional unterschiedlich und war im Mittelland besonders ausgeprägt. Dort ist der Wald für etliche Tier- und Pflanzenarten zu einem wichtigen Rückzugsgebiet geworden, weil in der offenen Landschaft geeignete Lebensräume zunehmend fehlen. Gemäss Landesforstinventar LFI 2009/13 ist die Waldfläche weiter gewachsen. Die regionalen Unterschiede sind gross: Im Mittelland ist sie unverändert geblieben, im Jura und in den Voralpen hat sie um wenige Prozent zugenommen, und in den Alpen und auf der Alpensüdseite ist sie teilweise um bis zu 13 Prozent gewachsen (Kap. 1.1; Tab. 4.7.1). Auch das Flächenmuster des Waldes, das aus der Anzahl Waldstücke entsteht, hat sich verändert: Im Jura und im Mittelland blieb die Anzahl Waldstücke konstant, in den Voralpen wuchsen nur wenige Waldstücke zusammen. In den Alpen und auf der Alpensüdseite hingegen wuchsen viele Waldstücke zusammen. Dadurch schlossen sich zahlreiche Lücken und Lichtungen.

Das Landschaftserlebnis der Menschen wird durch den Waldeinwuchs beeinflusst: Die meisten finden halb offene Waldlandschaften in mittleren Stadien der Verwaldung attraktiver als geschlossene homogene Wälder (Hunziker et al. 2012). Dichte, zusammenhängende Wälder schützen jedoch besser vor Lawinen und Steinschlägen (Kap. 5.2), und für viele Waldarten (Kap. 4.1) bewirken sie eine bessere Vernetzung. Überdies sichern dichte, grosse Wälder eine hohe Trinkwasserqualität, da der humus- und wurzelreiche Waldboden ein optimaler Wasserfilter ist (Kap. 5.1). Waldmuster haben somit zahlreiche ökologische, gesellschaftliche und wirtschaftliche Auswirkungen. Deshalb sind die Umsetzungen der Waldentwicklungspläne WEP (Kap. 3.4) und Landschaftsentwicklungskonzepte LEK wichtige Instrumente, die helfen, die verschiedenen Funktionen des Waldes aufeinander abzustimmen.

Abb. 4.7.1 *Wytweide mit Bergahornen am Chasseral (BE) – eine attraktive Landschaft mit zahlreichen Nutzungsformen. Foto: Markus Bolliger*

Tab. 4.7.1

Entwicklung der Waldfläche und der Anzahl Waldstücke in der Schweiz. Quelle: LFI und Arealstatistik

	Veränderung der Waldfläche 1993/95 bis 2009/13 in %	Veränderung der Anzahl Waldstücke 1997–2009 in %	Tendenz in der Entwicklung der Waldmuster: grössere Waldstücke, weniger Randeffekte
Jura	→ –0,2	→ +0,1	1997 2009
Mittelland	→ –0,1	→ +0,3	
Voralpen	↑ +3,6	↓ –1,5	
Alpen	↑ +10,3	↓ –5,0	
Alpensüdseite	↑ +16,8	↓ –11,9	
Schweiz	↑ **+5,9**	↓ **–2,5**	

Waldränder und Lichtangebot

Die gleichzeitige Betrachtung der Entwicklung der Waldfläche und der Anzahl Waldstücke (Tab. 4.7.1) zeigt, dass überall dort, wo die Waldfläche stark zugenommen hat, die Zahl der einzelnen Waldstücke gesunken ist. Als Folge davon sind ökologisch wertvolle Waldränder verschwunden, die zahlreichen Tier- und Pflanzenarten einen Lebensraum boten. Seit 1997 hat sich diese Entwicklung verlangsamt, weil bis zu diesem Zeitpunkt bereits etliche Waldstücke zusammengewachsen waren. Erfreulich ist, dass in den letzten 20 Jahren die Waldrandbreite zugenommen hat, vor allem in den höheren Lagen. Die Breite des Strauchgürtels ist fast gleich geblieben, während diejenige der Krautsäume leicht zugenommen hat. Eine für die Artenvielfalt optimale Strauchgürtelbreite beträgt 5 bis 10 Meter. Gemäss LFI 2009/13 erreichen nur 16 Prozent der rund 170 000 Kilometer Waldränder diese optimale Breite. Im Mittelland und im Jura sowie in den Voralpen wird sie bei den meisten Waldrändern unterschritten.

Das Lichtangebot im Wald hat seit 2000 leicht abgenommen. Die Bestandesdichte hat vor allem in den Alpen und auf der Alpensüdseite zugenommen (Kap. 1.3). Aufgelöste Bestockungen schliessen sich allmählich. Waldschäden und intensivierte Holznutzungen infolge des Orkans «Lothar», des Hitzesommers 2003 und regionaler Ereignisse schufen vor allem in den tieferen Lagen offenere Flächen.

Tab. 4.7.2

Flächen und Waldanteile der Wytweiden im Jura und in der ganzen Schweiz. Quelle: BAFU-Erhebung 2006

Region	Fläche der Wytweiden in ha	Anteil an Waldfläche der Schweiz in %
Jura (VD, BE, NE, JU)	45 000	3,6
Rest der Schweiz, v. a. Alpen	42 000	3,4
Schweiz	**87 000**	**7,0**

Wytweiden und Selven

Zwei typische Beispiele eines kulturgeschichtlich geprägten Waldmusters sind Selven und Wytweiden (Abb. 4.7.1). Diese gehören laut schweizerischem Waldgesetz zum Waldareal und bieten zahlreichen Arten einen vielfältigen Lebensraum, auf dem sich Weideland, Einzelbäume, Baumgruppen und kleine Waldstücke abwechseln. Kastanienselven machen mit 0,13 Prozent nur einen kleinen Teil der Waldfläche aus.

Wytweiden gab es ursprünglich in manchen Bergregionen, heute jedoch vor allem noch im Jura (Tab. 4.7.2). Erhalten werden sie durch weidende Pferde und Kühe, die sowohl auf der offenen Weide grasen als auch in den bewaldeten Teilen, wo sie die Keimlinge junger Bäume fressen und dadurch das Vordringen des Waldes verhindern. So entsteht eine offene Waldlandschaft, die für den Naturschutz wichtig und für den Tourismus attraktiv ist. Trotz ihres Nutzens gibt es heute immer weniger Wytweiden. Die Weiden wachsen allmählich zu, weil sie vielerorts aufgegeben werden und die Kühe auf ertragreicheren Wiesen grasen. Der Bund unterstützt die Aufwertung und Pflege von Wytweiden sowohl über die Umsetzung der Waldpolitik (Programm «Waldbiodiversität») wie auch über die Agrarpolitik (Landschaftsqualitäts- und Biodiversitätsbeiträge).

4.8 Gefährdete Arten

Christoph Scheidegger, Silvia Stofer, Beatrice Senn-Irlet

> *Im Jahr 2011 erstellte das BAFU die Liste der National Prioritären Arten. Diese basiert auf den Roten Listen der gefährdeten Arten und auf der Verantwortung der Schweiz für diese Arten. Sie weist insgesamt rund 3600 Arten aus, und von diesen sind 1582 Arten eng an den Lebensraum Wald gebunden.*

> *304 dieser Arten sind sogenannte Wald-Zielarten, die speziell geschützt und mit zusätzlichen Massnahmen gefördert werden müssen.*

> *Die Entwicklung der gefährdeten Arten seit dem Waldbericht 2005 ist schwierig abzuschätzen. Heute stehen zwar zusätzliche Rote Listen als Grundlage für die Artenförderung zur Verfügung. Eine Veränderung der Gefährdungssituation ist jedoch nur für wenige Waldarten dokumentiert. Für die meisten anderen fehlen revidierte Rote Listen, welche eine Veränderung belegen.*

> *Dank der Förderung lichter Waldstrukturen haben Bestände bestimmter Vögel, Schmetterlinge und Blütenpflanzen zugenommen.*

National prioritäre Waldarten

Verglichen mit anderen Lebensräumen ist der Anteil der gefährdeten Arten im Wald gering: Er beträgt lediglich 9 Prozent aller Waldarten (Kap. 4.1). In absoluten Zahlen gerechnet handelt es sich jedoch um viele Arten, denn der Lebensraum Wald ist sehr artenreich. Im Jahr 2011 erstellte das BAFU die Liste der National Prioritären Arten der Schweiz (BAFU 2011a). Diese basiert auf dem Gefährdungsstatus der Arten gemäss den Roten Listen sowie der Verantwortung der Schweiz für diese Arten anhand ihrer Gesamtverbreitung (Cordillot und Klaus 2011). Sie weist den Handlungsbedarf für die Artenförderung aus und stellt somit wertvolle Zusatzinformationen zu den Roten Listen zur Verfügung. Die Liste der National Prioritären Arten weist 1582 Waldarten aus, davon sind 1548 Arten gefährdet oder potenziell gefährdet. Die meisten der prioritären Waldarten gehören zu den Grosspilzen (47 %), Flechten (18 %), Käfern (8 %) und Moosen (8 %). Die anderen Organismengruppen machen rund 20 Prozent aus. Gewisse der national prioritären Waldarten brauchen spezifische Fördermassnahmen und werden von den Fachleuten Wald-Zielarten genannt. Dazu zählen 304 Arten (Tab. 4.8.1), beispielsweise der Mittelspecht (*Dendrocopos medius*) oder bei den Fledermäusen die Grosse Hufeisennase (*Rhinolophus ferrumequinum*). Massnahmen zugunsten der national prioritären Waldarten fördern die Biodiversität im Wald generell, weil sie die Lebensbedingungen weiterer Arten verbessern.

Bedrohte Vielfalt

Im Wald beeinträchtigen hauptsächlich folgende ökologische Defizite die Artenvielfalt: 1) unzureichende Fläche an speziellen Waldgesellschaften, insbesondere in Auengebieten; 2) geringer Flächenanteil lichter Wälder sowie struktur- und altholzreicher Bestände; 3) unzureichende Mengen an Totholz in verschiedenen Abbaustadien (Kap. 4.1 und 4.5). Viele der gefährdeten Waldarten lassen sich durch die Erhaltung ihrer Lebensräume fördern. Dazu tragen die Merkblätter der nationalen Arten-Datenzentren bei, welche für zahlreiche Arten die Standortsansprüche und Massnahmen zur Lebensraumaufwertung beschreiben und so die Umsetzung geeigneter Massnahmen unterstützen (Info Species 2012).

Das Beispiel des national geschützten Karminschwärzlings (*Lyophyllum favrei*) zeigt, dass Lebensraumschutz auch in Schutzgebieten nicht immer ausreicht, um eine Art zu erhalten. Dieser Pilz kommt vorwiegend in Hartholz-Auenwäldern vor, welche bereits bei früheren Flussverbauungen in ihrer Ausdehnung stark eingeschränkt wurden. Hartholz-Auenwälder geraten aber auch heute wieder vermehrt unter Druck, wenn Fliessgewässer revitalisiert werden und Kiesbankfluren und Weichholz-Auenwälder mehr Raum erhalten. Da Siedlungs- und Landwirtschaftsflächen nur in seltenen Fällen für eine Ausweitung des Flussraumes abgetreten werden, geschieht dies oft auf Kosten der Hartholz-Auenwälder.

Viele Arten, insbesondere Pflanzen und Flechten, sind langlebig und können sich während Jahrzehnten an einem Ort halten, obwohl sie sich dort aufgrund geringerer Lebensraumqualität nicht mehr erfolgreich fortpflanzen können. Bei diesen

Tab. 4.8.1
Anzahl prioritäre Waldarten und Wald-Zielarten in der Schweiz, nach Organismengruppe gegliedert (AGAF 2014, BAFU 2015). Die Liste wurde mit Daten für totholzbewohnende Flechten ergänzt.

Artengruppe	Prioritäre Waldarten	Wald-Zielarten
Grosspilze	735	27
Flechten, ohne Gesteinsflechten	266	134
Gefässpflanzen	136	44
Moose	122	11
Säugetiere, ohne Fledermäuse	7	3
Fledermäuse	22	12
Vögel	46	14
Reptilien	11	5
Amphibien	9	7
Käfer	125	34
Schmetterlinge	66	11
Heuschrecken	4	1
Libellen	1	1
Landschnecken	32	
Arten total	**1582**	**304**

Arten muss mit einem «verzögerten» Aussterben gerechnet werden: Sie kommen zwar noch vor, pflanzen sich aber nicht mehr fort und werden in naher Zukunft lokal aussterben. Ferner können in einem Lebensraum biologische Wechselwirkungen zwischen Arten unterbrochen werden und zu «Aussterbeketten» führen. Ein Beispiel dafür sind die drei Flechtenarten Echte, Ergrünende und Grosse Lungenflechte (*Lobaria pulmonaria, L. virens* und *L. amplissima*; Abb. 4.8.1), die mit der gleichen Algenart vergesellschaftet sind. Bei der Besiedlung eines neuen Lebensraums sind die Ergrünende und die Grosse Lungenflechte darauf angewiesen, dass sie bei ihrer Vermehrung die Algen der Echten Lungenflechte übernehmen können. Der starke Rückgang der Echten Lungenflechte beeinträchtigt deshalb die Vermehrung der anderen beiden Arten. In der Schweiz ist die Ergrünende Lungenflechte als Folge davon bereits ausgestorben, und die Grosse Lungenflechte ist stark gefährdet.

Fördermassnahmen

Zahlreiche Massnahmen wurden in den letzten Jahrzehnten im Wald durchgeführt, um die Biodiversität zu fördern. Sie zeigen heute schon teilweise Wirkung. So haben dank der Förderung lichter Waldstrukturen in Sonderwaldreservaten (Kap. 4.9) die Bestände bestimmter Vögel, Schmetterlinge und Blütenpflanzen in den letzten 25 Jahren zugenommen. Die Entwicklung bei Käfer- und Pilzarten verläuft uneinheitlich, und bei den Flechten verschwinden weiterhin Vorkommen gefährdeter Arten.

Für viele gefährdete Arten sind Naturwald- und Sonderwaldreservate Rückzugsgebiete, in denen sie sich langfristig halten können. Sie kommen aber auch in bewirtschafteten Wäldern vor und sind dort an seltene Waldgesellschaften (Kap. 4.3) oder an Habitatbäume und Altholzinseln (Kap. 4.5) gebunden. Mobile Arten wie Vögel und Schmetterlinge können von verstreut vorkommenden Altholzinseln und Habitatbäumen im Wirtschaftswald profitieren. Sesshafte Arten hingegen brauchen kleinräumig vernetzte Altholzinseln, denn sie haben eine geringe Ausbreitungsfähigkeit und vermögen deshalb verstreut liegende und neu geschaffene Lebensräume kaum spontan zu erreichen. Langfristig können sie nur in einem Lebensraumverbund erhalten werden. Der Schutz bestehender Vorkommen von sesshaften und gefährdeten Arten ist demzufolge prioritär. Die Förderung gefährdeter Waldarten kann sich einerseits auf bestehende Instrumente der Biodiversitätsförderung abstützen, insbesondere auf den naturnahen Waldbau (Kap. 4.3) und die Waldreservate (Kap. 4.9; Bollmann et al. 2009). Anderseits werden zahlreiche Arten in Zukunft vermehrt auf spezifische Fördermassnahmen angewiesen sein, damit sie langfristig erhalten bleiben. Nur durch eine konstruktive Zusammenarbeit zwischen Forstdienst, Naturschutzfachleuten und nationalen Arten-Datenzentren können Lösungen gefunden werden, welche unterschiedliche Nutzungs- und Schutzziele ermöglichen.

Abb. 4.8.1 *Die Echte Lungenflechte (links) bildet körnige Ausbreitungseinheiten aus. Einmal verbreitet können die darin enthaltenen Algen auch von der Ergrünenden Lungenflechte (rechts oben) und der Grossen Lungenflechte (rechts unten) genutzt werden. Fotos: Christoph Scheidegger*

4.9 Waldreservate

Peter Brang, Markus Bolliger

> *2012 waren 4,8 Prozent der Schweizer Waldfläche als Reservate geschützt. Das ist fast doppelt so viel wie 2005.*
> *Das Ziel der Waldpolitik, bis zum Jahr 2030 10 Prozent der Waldfläche als Reservate auszuweisen, ist damit knapp zur Hälfte erreicht. Es gibt aber noch viel zu tun, vor allem im Mittelland und besonders, was grosse Waldreservate betrifft.*
> *In Naturwaldreservaten ist der Wald dichter und reicher an Totholz und Baumgiganten als im übrigen Wald.*
> *In Sonderwaldreservaten sorgen gezielte waldbauliche Eingriffe zugunsten bestimmter Lebensräume und Arten für eine hohe Biodiversität.*
> *Auch traditionelle Nutzungsformen des Waldes werden in Sonderwaldreservaten wieder aufgenommen und weitergeführt: Mittelwälder, Wytweiden und Selven bereichern die Landschaft und sind ideale Lebensräume für lichtliebende Arten.*

Reservatstypen und Flächenziele

In der Schweiz gibt es zwei Typen von Waldreservaten: Naturwald- sowie Sonderwaldreservate. In beiden hat die Förderung der Biodiversität Vorrang gegenüber anderen Waldfunktionen. Naturwaldreservate werden sich selbst überlassen, während in Sonderwaldreservaten mit gezielten Eingriffen Lebensräume für bestimmte Pflanzen und Tiere geschaffen und aufgewertet werden. Im Jahr 2001 legte die Waldpolitik Flächenziele für Reservate fest: Bis ins Jahr 2030 sollen je 5 Prozent der Waldfläche als Naturwald- und als Sonderwaldreservate unter Schutz stehen. 2012 waren insgesamt 4,8 Prozent der Waldfläche geschützt: Bei den Naturwaldreservaten waren es 2,7 Prozent und bei den Sonderwaldreservaten 2,1 Prozent. Die Ziele für das Jahr 2030 sind somit fast zur Hälfte erreicht (Abb. 4.9.1; Bolliger et al. 2012). Das ist ein Fortschritt gegenüber dem Waldbericht 2005, als erst 2,5 Prozent der Fläche unter Schutz standen.

Am bedeutendsten ist der Flächenanteil der Waldreservate im Jura. Im Mittelland und in den Voralpen wurden bisher vor allem kleine Sonderwaldreservate ausgeschieden. Umfassende Naturwaldreservate wurden hingegen in den Alpen und auf der Alpensüdseite geschaffen. Der grösste Handlungsbedarf bei Naturwaldreservaten besteht im Mittelland.

Ein weiteres Ziel der Waldpolitik ist es, in der Schweiz 30 grosse Waldreservate mit mindestens 500 Hektaren Fläche auszuscheiden. Heute gibt es 17 solche Reservate – die Schutzbemühungen sind damit auf gutem Wege. Allerdings zeigen sich enorme regionale Unterschiede. Im Mittelland ist es schwierig, grosse Reservate zu schaffen. Hier sind die Wälder wüchsig und gut erschlossen. Sie gehören zudem oft vielen Eigentümern (Kap. 6.1), die alle selbst darüber entscheiden, ob in ihrem Wald ein Reservat eingerichtet wird. Bund und Kantone beraten sie dabei und fördern Waldreservate, indem sie den Verzicht auf die Holznutzung finanziell abgelten. Ausserhalb von Waldreservaten wird ein Teil des Schweizer Waldes seit Jahrzehnten nicht mehr genutzt (Kap. 4.3). Er umfasst ähnliche Lebensräume wie Naturwaldreservate, obwohl er nicht unter Schutz steht.

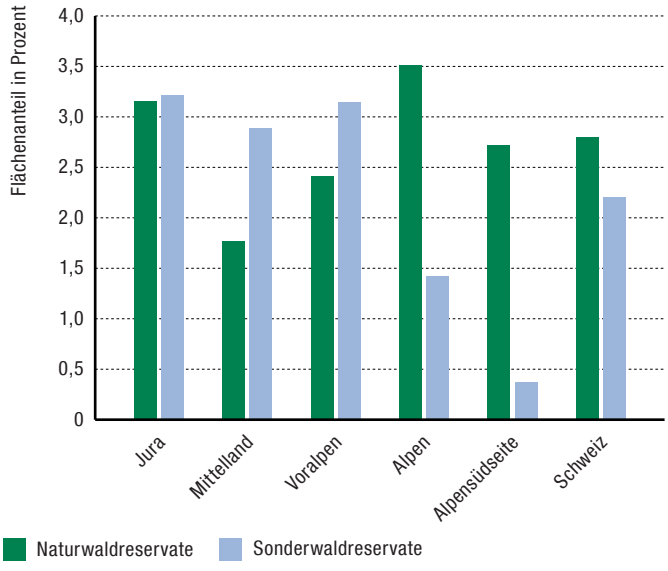


Abb. 4.9.1 *Flächenanteil von Naturwald- und von Sonderwaldreservaten an der Waldfläche. Quelle: BAFU*

Naturwaldreservate

Naturwaldreservate sollen Lebensräume bieten, die auch im Urwald vorkommen und eine natürliche Waldentwicklung aufweisen: Die Bäume wachsen, verjüngen sich, altern und sterben. Dabei entstehen vielfältige Lebensräume für Flora und Fauna.

Unter den Waldreservaten sind die zwei in der Schweiz verbliebenen Urwälder von Derborence (VS) und Scatlè (GR) (Kap. 4.3). Die übrigen Naturwaldreservate wurden vor der Unterschutzstellung während Jahrhunderten vom Menschen genutzt und geformt. Die Ergebnisse eines Naturwaldreservat-Monitorings zeigen, dass diese Wälder allmählich natürlicher werden: Die Grundfläche und das Totholz nehmen zu, und die dicken Bäume werden häufiger (Heiri et al. 2012). Die Grundfläche als Mass für die Bestandesdichte liegt im bewirtschafteten Wald bei rund 30 Quadratmetern pro Hektare, in Reservaten bei 40 Quadratmetern pro Hektare. In Naturwaldreservaten ist der Wald somit dichter als im Wirtschaftswald. Auch das Volumen an Totholz (Kap. 4.5) ist mit rund 50 Kubikmetern pro Hektare höher als im Schweizer Durchschnitt mit 24 Kubikmetern pro Hektare (Herrmann et al. 2012). Zudem liegt in Naturwaldreservaten das Totholz häufiger in Form dicker Bäume und in fortgeschrittener Zersetzung vor als im restlichen Wald und ist daher biologisch wertvoller. Baumgiganten mit Stammdurchmessern von 80 Zentimetern und mehr sind in Naturwaldreservaten 2- bis 3-mal so häufig wie in bewirtschafteten Wäldern (Abb. 4.9.2; Kap. 1.3; Heiri et al. 2012). In Buchen-Naturwaldreservaten sterben lichtbedürftige Gehölzarten im dichter werdenden Wald mit der Zeit ab, und die Artenvielfalt der Bäume geht dabei leicht zurück. Diese Entwicklung belegt die zunehmende Naturnähe der Naturwaldreservate. Bis sie aber als Urwälder bezeichnet werden können, dürfte es noch Jahrhunderte dauern (Brang et al. 2011).

Sonderwaldreservate

In Sonderwaldreservaten fördern gezielte waldbauliche Eingriffe die Biodiversität. So werden etwa Föhrenwälder ausgelichtet, damit seltene Orchideen, Schmetterlinge oder Reptilien darin leben können (Abb. 4.9.3). Manche Nadelwälder im Alpenraum werden durch Holznutzung offen gehalten, damit sie für Raufusshühner attraktiv bleiben. Mit Förderbeiträgen unterstützen Bund und Kantone diese Massnahmen, die regelmässig durchgeführt werden müssen. In Sonderwaldreservaten können auch historische Kulturformen des Waldes erhalten werden. Viele lichtliebende Arten bevorzugen traditionelle Nutzungsformen wie Mittelwald, Wytweiden oder Selven (Kap. 4.7).

Abb. 4.9.2 *Im Naturwaldreservat Leihubelwald (OW) stehen über 10 Baumgiganten pro Hektare. Foto: Markus Bolliger*

Abb. 4.9.3 *Ein lichter Föhrenwald am Steilhang bei Kyburg (ZH). Seine regelmässige Auslichtung sorgt dafür, dass seltene lichtliebende Waldpflanzen gedeihen können. Foto: Albert Krebs*

5 Schutzwald

Peter Brang, Arthur Sandri

Wälder schützen das Grundwasser als wichtige Trinkwasserressource vor Verunreinigungen, indem ihre Böden die Schadstoffe zurückhalten und das gereinigte Wasser in die Tiefe sickern lassen. Die Qualität des Trinkwassers aus Waldgebieten ist daher gut. Wälder bieten den Menschen auch Schutz vor Naturgefahren wie Lawinen, Steinschlag und Murgängen. Die Schutzwirkung hat sich gegenüber 2005 zwar verbessert, indem die Wälder dichter wurden. Der zunehmende Mangel an Verjüngung und der vermehrte Verbiss der jungen Bäume durch wilde Huftiere stellen aber langfristig die Schutzwirkung in Frage.

Zusammenfassung

In der Schweiz werden rund 80 Prozent des Trinkwassers aus Grundwasser gewonnen. Im Vergleich zum Grundwasser aus Landwirtschafts- oder Siedlungsgebieten enthält Grundwasser aus Waldgebieten in der Regel deutlich weniger Schadstoffe und kann meist ohne Aufbereitung als Trinkwasser verwendet werden. Der wichtigste Grund für die gute Wasserqualität des Sickerwassers aus Waldflächen ist eine schonende Waldbewirtschaftung: Diese verzichtet auf Pflanzenschutzmittel, Dünger und eine mechanisierte Bodenbearbeitung. Zudem sind Kahlschläge verboten, und die Waldvegetation nimmt einen erheblichen Teil des Stickstoffs auf, der über die Atmosphäre eingetragen wird. Im Grundwasser aus Waldgebieten ist daher die Nitratkonzentration meist gering. Trotzdem ist eine weitere Reduktion der Stickstoffeinträge aus der Luft wesentlich, um die gute Qualität des Sickerwassers aus Wäldern zu erhalten.

Gemäss Landesforstinventar (Brändli et al. 2015) schützen rund 42 Prozent des Schweizer Waldes den Menschen und seine Infrastruktur vor Naturgefahren wie Lawinen, Steinschlägen und Murgängen. In Gebirgsregionen ist der Schutzwaldanteil deutlich höher. Die meisten Schutzwälder wirken im Bereich von fliessenden Gewässern und verhindern Murgänge und Ufererosion, indem die Baumwurzeln den Boden stabilisieren. Häufig bewahrt Wald vor mehreren Naturgefahren gleichzeitig. Eine gezielte Waldpflege dient der Erhaltung einer dauerhaften Schutzwirkung. Daher wurde von 1993 bis 2013 etwa die Hälfte des Schweizer Schutzwaldes gepflegt.

Im selben Zeitraum hat sich der Schutzwald teils positiv entwickelt, teils bestehen Defizite. Die Zusammensetzung der Baumarten hat sich verbessert: Die Fläche reiner Nadelwälder, die durch Naturereignisse wie Stürme und Insektenbefall besonders gefährdet sind, ging zurück. Die Wälder wurden insgesamt dichter, was die Schutzwirkung kurzfristig erhöht, allerdings gleichzeitig die Verjüngung verhindert und damit zu einem zunehmenden Mangel an jungen Bäumen beiträgt. Zudem werden vielerorts ökologisch wichtige Baumarten wie etwa die Weisstanne von Huftieren wie Hirsch und Reh vermehrt verbissen, was ihr Aufwachsen infrage stellt. Verjüngungsmangel und Verbiss gefährden langfristig die Schutzwirkung des Waldes.

5.1 Trinkwasser

Peter Waldner, Markus Huber, Elisabeth Graf Pannatier, Miriam Reinhardt, Sabine Braun

> *Im Vergleich zum Grundwasser aus Landwirtschafts- oder Siedlungsgebieten enthält Grundwasser in Waldeinzugsgebieten in der Regel deutlich weniger Schadstoffe und kann meist ohne Aufbereitung als Trinkwasser verwendet werden.*

> *Der weitgehende Verzicht auf Pflanzenschutzmittel, Dünger, grossflächige Holzschläge und mechanisierte Bodenbearbeitung sowie das Verbot industrieller Aktivitäten sind die wichtigsten Gründe für die gute Wasserqualität des Sickerwassers aus Waldflächen.*

> *Die Luftbelastung führt zu teils hohen Stickstoffeinträgen in den Wald, welche durch die Vegetation und den Boden zu einem erheblichen Teil aufgenommen werden. Allerdings ist diese Aufnahmekapazität nicht unbegrenzt, und eine Reduktion der Stickstoffeinträge aus der Luft wäre im Sinne einer vorsorglichen Massnahme zur Erhaltung der guten Wasserqualität wichtig.*

Grundwasser und Wasserqualität

Rund 80 Prozent des Trinkwassers in der Schweiz werden aus Grundwasser gewonnen (SVGW 2012). Die Qualität des Grundwassers ist im Allgemeinen gut, wie die Ergebnisse der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA zeigen (BAFU 2009b). Rund 40 Prozent des Wassers können ohne Aufbereitung und weitere 30 Prozent nach einer einfachen einstufigen Aufbereitung (z. B. Desinfektion) ins Trinkwassernetz eingespeist werden (Freiburghaus 2012). In Ballungsräumen und in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten kann das Grundwasser jedoch Rückstände von Düngemitteln oder Pestiziden oder sonstige Mikroverunreinigungen enthalten (BAFU 2009b). Im Vordergrund steht dabei Nitrat, da sich diese wasserlösliche Stickstoffverbindung nur mit aufwendigen Verfahren herausfiltern lässt.

Grundwasservorkommen, die nicht durch die Infiltration von Flusswasser gespeist werden, erneuern sich ausschliesslich durch Niederschlagswasser, das durch den Boden sickert. Dem Sickerwasser aus Waldgebieten kommt dabei eine besondere Bedeutung zu, da es in der Regel von guter Qualität ist. Im Grundwasser aus Waldgebieten liegt die Nitratkonzentration meist zwischen 5 und 10 Milligramm pro Liter (mg/l), während im Grundwasser aus Ackerbaugebieten oft Nitratkonzentrationen von über 25 mg/l auftreten. Die Gewässerschutzverordnung (GSchV) legt als Qualitätsziel für Grundwasser einen maximalen Nitratgehalt von 25 mg/l fest. Wie gut die Grundwasserqualität in einem Einzugsgebiet ist, hängt daher von den Anteilen der Landnutzungen ab. Eine Untersuchung des Schweizer Grundwassers aus dem Jahr 2005 zeigte, dass das Qualitätsziel der Gewässerschutzverordnung für Nitrat bei 20 Prozent aller Messstellen verfehlt wurde (BAFU 2009b). Fast unbeeinflusst ist das Grundwasser in den unproduktiven Gebieten der Alpen, in denen die Nitratkonzentration durchwegs unter 5 mg/l liegt.

Schonende Bewirtschaftung

Aus mehreren Gründen ist das Wasser aus Waldgebieten qualitativ besser als dasjenige aus Ackerbaugebieten (Hegg et al. 2004):

- Im Wald dürfen Dünger und Pflanzenschutzmittel nur ausnahmsweise und unter strengen Sicherheitsauflagen eingesetzt werden.
- Der Grossteil der Fläche ist von einer geschlossenen Vegetationsdecke bewachsen. Diese nimmt einen erheblichen Teil der Stoffe auf, die durch den Abbau von organischem Material produziert oder aus der Luft eingetragen werden.
- Im Gegensatz zum Ackerland wird Waldboden nicht mechanisch bearbeitet. Dies fördert ein aktives Bodenleben und lässt die Bodenstruktur ungestört, was beides die Filterung des Sickerwassers begünstigt.
- Es werden keine grossflächigen Holzschläge durchgeführt.
- Störfälle mit Schadstoffen sind im Wald selten, weil industrielle oder landwirtschaftliche Nutzungen, die die Grundwasserqualität beeinträchtigen könnten, verboten sind.

Das Grundwasser aus Waldgebieten wird vielerorts als Trinkwasser genutzt. Gemäss LFI 2009/13 (Brändli et al. 2015) liegen heute 12 Prozent der Waldfläche der Schweiz im Ein-

zugsgebiet einer Trinkwasserfassung und 10 Prozent sogar in einer Grundwasserschutzzone. Im Jura sind diese Anteile mit 22 beziehungsweise 24 Prozent besonders hoch.

Stickstoffhaushalt

In Einzugsgebieten von Trinkwasserfassungen mit gemischter Landnutzung wird nitrathaltiges Sickerwasser aus Landwirtschaftsflächen mit nitratarmem Sickerwasser aus Waldgebieten gemischt. Dadurch erreicht das Trinkwasser insgesamt eine gute Qualität. Im Waldboden werden die regional unterschiedlich hohen Stickstoffeinträge aus der Luft, die mit den Niederschlägen eingetragen werden (Kap. 2.1), teilweise ausgefiltert und akkumuliert oder von der Vegetation aufgenommen. Sind die Stickstoffeinträge über lange Zeit so hoch, dass es zu einer Stickstoffsättigung im Boden kommt, wird überschüssiger Stickstoff in Form von Nitrat über das Sickerwasser ans Grundwasser weitergegeben. Bei Stickstoffeinträgen von über 20 Kilogramm pro Hektare und Jahr (kg/ha/J) sind hohe Nitratkonzentrationen im Sickerwasser häufiger als bei mittleren oder tiefen Stickstoffeinträgen von bis zu 20 Kilogramm pro Hektare und Jahr (Abb. 5.1.1; Braun 2013, Graf Pannatier et al. 2012). Experimentelle Untersuchungen zeigen, dass erhöhte Stickstoffeinträge zu einer Zunahme der Stickstoffsättigung führen können.

In Experimenten im Ausland wurde nachgewiesen, dass ein Holzschlag in den ersten 5 Folgejahren einen stark erhöhten Nitrataustrag auslösen kann. Dies gilt schon für kleine Schlagflächen, ist aber bei Windwürfen oder grossflächigen Holzschlägen besonders ausgeprägt, da dann ein grösserer Teil eines Trinkwassereinzugsgebietes betroffen ist (Hegg et al. 2004).

Erhaltung der Wasserqualität

Vorschriften, beispielsweise das Verbot grossflächiger Holzschläge und die nur eingeschränkt erlaubte chemische Behandlung von gelagertem Holz, sowie Empfehlungen wie die Verwendung biologisch abbaubarer Schmiermittel und ein hoher Laubholzanteil verursachen Mehrkosten für die Waldbewirtschaftung, tragen jedoch wesentlich zur Grundwasserqualität und damit zur Versorgung mit sauberem Trinkwasser bei (Blattert et al. 2012). Aufgrund der Mehrkosten fordern Waldeigentümer, dass diese von der Waldwirtschaft erbrachte Leistung besser abzugelten sei. Auch die angestrebte weitere Reduktion der Stickstoffeinträge aus der Luft ist – im Sinne einer vorsorglichen Massnahme – für die Erhaltung der guten Wasserqualität wichtig.

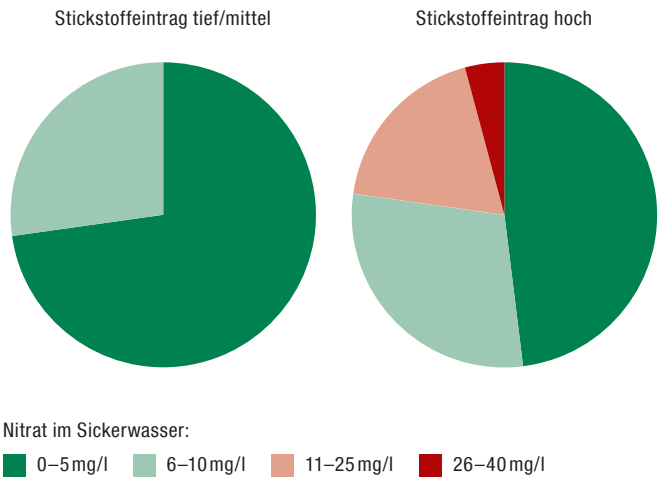


Abb. 5.1.1 *Mittlere jährliche Nitratkonzentrationen des Sickerwassers von Waldflächen mit tiefem/mittlerem Stickstoffeintrag (<20 kg N/ha/Jahr) und von Waldflächen mit hohem Stickstoffeintrag (>20 kg N/ha/Jahr) aus der Atmosphäre. Quellen: BAFU/Meteotest; LWF, WSL; IAP*

5.2 Schutz vor Naturgefahren

Markus Huber, Peter Brang, Arthur Sandri

> *In der Schweiz schützen gemäss Landesforstinventar 42 Prozent der Wälder vor Naturgefahren. In Gebirgsregionen ist dieser Anteil deutlich höher.*
> *Wald vermindert häufig mehrere Gefahren gleichzeitig. Der grösste Teil der Schutzwälder wendet Naturgefahren im Bereich von Fliessgewässern ab.*
> *Die Pflege des Schutzwaldes sichert dessen Wirkung. Zwischen 1993 und 2013 wurde daher rund die Hälfte des Schutzwaldes gepflegt.*
> *In derselben Zeit wurde der Schutzwald dichter, und der Anteil an reinen Nadelwäldern sank. Dadurch hat sich die Schutzwirkung verbessert.*
> *Fehlende Naturverjüngung und zunehmender Wildverbiss von wichtigen Baumarten gefährden langfristig die dauerhafte Wirkung des Schutzwaldes.*

Schutzwald

Lawinen, Steinschlag, Murgänge, Rutschungen und Hochwasser sind natürliche Gefahren für die Menschen und ihre Infrastrukturen. In der Schweiz sind beispielsweise 26 Prozent der Eisenbahnlinien und 24 Prozent der Strassen erster und zweiter Klasse durch Naturgefahren bedroht (Losey und Wehrli 2013). In Bergregionen ist der Anteil der gefährdeten Infrastruktur oft wesentlich höher. Wald kann, sofern er einen bestimmten Aufbau besitzt, das Risiko von Schäden durch Naturereignisse verringern. Deshalb ist der Schutzwald ein wichtiges Element des integralen Risikomanagements zum Schutz vor Naturgefahren. Dabei ergänzen sich Schutzwald und technische Massnahmen wie zum Beispiel Lawinenverbauungen: Wald ist kostengünstig, wirkt grossflächig und oft gegen mehrere Gefahren gleichzeitig; technische Massnahmen sind teurer und werden auf unbewaldeten Flächen oder an Standorten, wo die Schutzwirkung des Waldes nicht ausreicht, eingesetzt (Abb. 5.2.1).

Abb. 5.2.1 *Schutzwald bei Adelboden (BE). Die Schutzwirkung des Waldes wurde mit Stahl-Schneebrücken (rechts oben) und Stahlnetzen (links unten) ergänzt. Foto: Peter Brang*

Die Kantone scheiden die Schutzwälder bei der forstlichen Planung aus. Dafür hat der Bund – gemeinsam mit den Kantonen – objektive Kriterien erarbeitet (Losey und Wehrli 2013). Für die Pflege des Schutzwaldes sind die Kantone zuständig. Der Bund unterstützt diese im Rahmen von Programmvereinbarungen.

Die nachfolgenden Angaben zum Schutzwald beziehen sich, wenn nicht anders angegeben, auf Erhebungen des Landesforstinventars LFI (Brändli et al. 2015).

Naturgefahrenprozesse

Der Schweizer Wald schützt gemäss LFI 2009/13 auf 42 Prozent seiner Fläche vor Naturgefahren (Kap. 1.1), wobei es in den Alpen und auf der Alpensüdseite besonders viel Schutzwald gibt (Abb. 5.2.2). Ein Grossteil des Schutzwaldes – nämlich 85 Prozent der Fläche – wendet sogenannte Gerinneprozesse ab. Dazu zählen alle Prozesse, die im Bereich von fliessenden Gewässern (Gerinnen) stattfinden, beispielsweise Murgänge, Übersarung und Ufererosion. Die Bäume wirken diesen entgegen, indem sie mit ihren Wurzeln den Boden stabilisieren. Deshalb gelangt bei Rutschungen, Hangmuren, Lawinen und Steinschlägen weniger Material in das Gerinne,

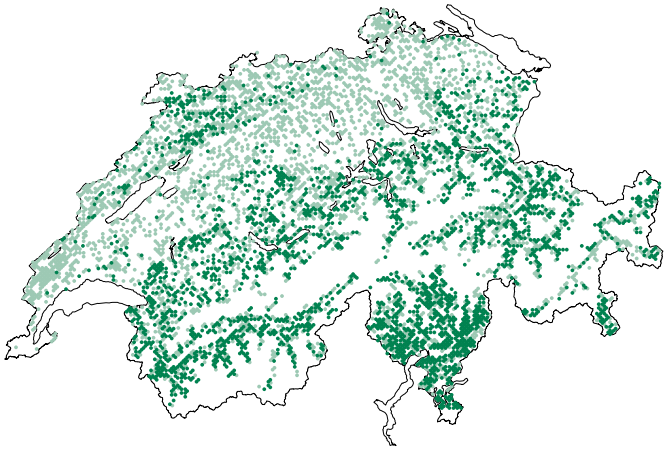


Abb. 5.2.2 *Flächenverteilung des Schutzwaldes und des übrigen Waldes. Quelle: LFI 2009/13*

das bei Hochwasser in Bewegung gesetzt werden und bachabwärts zu Geschiebeablagerungen führen kann.

Der Wald schützt aber nicht nur im Bereich von Fliessgewässern vor Naturgefahren. 24 Prozent der Schutzwaldfläche bewahren den Menschen mitsamt Bauten und Anlagen vor Hangmuren und Rutschungen. Dabei handelt es sich um schnell beziehungsweise langsam fliessende oder gleitende Verlagerungen von Bodenmaterial an Hängen. Sie entstehen nach Starkniederschlägen, lang andauernden Regenperioden oder intensiver Schneeschmelze. Lawinenschutzwald macht 19 Prozent der Schutzwaldfläche aus. Er verhindert den Aufbau einer labilen Schneedecke und verringert dadurch die Gefahr von Schneebewegungen, aus denen Lawinen entstehen können. 8 Prozent des Schutzwaldes schützen vor Stein- und Blockschlag, indem die Baumwurzeln den Boden stabilisieren und so die Entstehung von Steinschlag überhaupt verhindern. Ferner werden stürzende Steine durch den Kontakt mit Bäumen gebremst oder sogar zum Stillstand gebracht. Wer die Flächenanteile zusammenzählt, kommt auf über 100 Prozent, denn auf rund einem Viertel der Schutzwaldfläche wirkt der Wald gegen mehrere Naturgefahrenprozesse gleichzeitig.

Schutzwaldpflege

Die Wirksamkeit des Schutzwaldes kann dauerhaft nur durch eine regelmässige Pflege gewährleistet werden, denn besonders in den frühen und späten Phasen der natürlichen Waldentwicklung kommen Bestandesstrukturen vor, die während Jahrzehnten keinen ausreichenden Schutz bieten. Dem Auftreten solcher Strukturen wird mit forstlichen Eingriffen so entgegengewirkt, dass der Wald seine Schutzfunktion dauerhaft erfüllen kann: Zum Beispiel werden Lücken geschlagen, um das Aufkommen und die Entwicklung der Naturverjüngung zu begünstigen, oder es werden einzelne Bäume gefällt, damit deren Nachbarn mehr Platz haben, sich besser entwickeln können und dadurch stabiler werden. Solche forstlichen Eingriffe sind Aufgabe des Waldeigentümers. Das Waldgesetz schreibt aber eine minimale Pflege des Schutzwaldes vor, und die damit verbundenen Kosten werden von Bund, Kantonen und weiteren Nutzniessern (u. a. Gemeinden und Infrastrukturbetreibern) finanziell abgegolten. Die Akteure stützen sich dabei auf die Wegleitung «Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald» ab, welche Standards einer minimalen Pflege nach einheitlichen Kriterien setzt (Frehner et al. 2005).

Seit 1995 wurden aus dem Schweizer Schutzwald jährlich 1,9 Millionen Kubikmeter Holz entnommen. Das entspricht 26 Prozent der gesamten jährlichen Erntemenge. Von 1993 bis 2013 wurde fast die Hälfte des Schutzwaldes gepflegt (Tab. 5.2.1). Da im Mittelland, im Jura und in den Voralpen das Klima günstig ist, entwickelt sich der Wald dort schneller als in den Alpen, und die forstlichen Eingriffe erfolgen in kürzeren Abständen. Auf der Alpensüdseite wird der Wald in deutlich längeren Abständen gepflegt als in den anderen Regionen. Die Gründe dafür sind grössere Anteile an Laubholz, Stockausschlagwäldern und steilem Gelände (90 Prozent der Fläche haben eine Hangneigung von über 40 Prozent) sowie eine geringere Erschliessungsdichte des Waldes. Auf mehr als der Hälfte der Fläche wird das Holz mittels Helikopter gerückt, was verhältnismässig teuer ist. In den Alpen ist der Anteil an steilem Gelände zwar ungefähr gleich gross, aber der Schutzwald ist durch Waldstrassen besser erschlossen. Dort wird auf ungefähr der Hälfte der Fläche das Holz mit Seilkränen gerückt, auf rund 21 Prozent mit Forstschleppern und auf etwa 29 Prozent per Helikopter.

Tab. 5.2.1

Anteil der Schutzwaldfläche in Prozenten nach Zeitpunkt des letzten Eingriffs. Quelle: LFI 2009/13

Produktionsregion	Zeitpunkt des letzten Eingriffes		
	vor bis zu 20 Jahren	vor 21–40 Jahren	vor mehr als 40 Jahren
Jura	70	14	15
Mittelland	74	16	10
Voralpen	68	16	15
Alpen	44	22	34
Alpensüdseite	17	14	68
Schweiz	**46**	**18**	**35**

Baumartenmischung und Bestandesdichte

Eine dauerhafte Schutzwirkung setzt eine standortgerechte Baumartenmischung voraus, denn diese vermindert die Gefährdung der Schutzwirkung zum Beispiel infolge Windwurfs oder einer Massenvermehrung von Borkenkäfern. Etwa 47 Prozent der Schutzwälder sind reine Nadelwälder und etwa 25 Prozent reine Laubwälder, den Rest machen Mischwälder aus. Die reinen Nadelwälder wachsen mehrheitlich in der hochmontanen und subalpinen Vegetationshöhenstufe, die Laubwälder hingegen in den tieferen Lagen (Kap. 1.1). Der Anteil der reinen Nadelwälder ist zwischen 1995 und 2013 um 2 Prozent gesunken, während derjenige der Misch- und Laubwälder gestiegen ist. In den Tieflagen werden einst gepflanzte standortfremde Nadelbäume heute vermehrt durch besser an den Standort angepasste Laubbäume ersetzt (Kap. 4.3).

Für den Schutz vor Steinschlag ist die Bestandesdichte entscheidend, denn nur ausreichend dichte Bestände gewährleisten, dass stürzende Steine durch den Kontakt mit Bäumen abgebremst werden und schliesslich zum Stillstand kommen. Fachleute messen die Bestandesdichte anhand der sogenannten Grundfläche. Wenn diese mindestens 25 Quadratmeter pro Hektare (m^2/ha) beträgt, ist die Schutzwirkung eines Waldes ausreichend (Volkwein et al. 2011). Von 1995 bis 2013 hat der Anteil an Schutzwald, der diese Dichte erreicht, um 5 Prozent auf 64 Prozent zugenommen. Heute sind noch 19 Prozent des Schutzwaldes mit einer Grundfläche von unter 15 m^2/ha zu gering bestockt. Weitere 17 Prozent der Schutzwaldfläche weisen eine Grundfläche zwischen 15 und 25 m^2/ha auf und liegen damit bezüglich Schutzwirkung in einem kritischen Bereich.

Für einen optimalen Schutz vor Lawinen, Hangmuren und Rutschungen muss der Boden möglichst lückenlos mit lebenden Bäumen bedeckt sein. Im LFI wird der Deckungsgrad mithilfe von Luftbildaufnahmen ermittelt. Dabei wird gemessen, welcher Anteil der Waldfläche von Baumkronen überschirmt ist. Dieser Anteil wird von den Fachleuten Bestandesdeckungsgrad genannt. Im Schutzwald sollte er mindestens 40 Prozent betragen (Frehner et al. 2005). Diese Anforderung wird von einem Grossteil des Schutzwaldes erfüllt. Auf 48 Prozent der Fläche ist der Deckungsgrad gar mehr als doppelt so hoch; lediglich 6 Prozent des Schutzwaldes erreichen diesen Minimalwert nicht.

Gefahren für den Schutzwald

Störungen wie Windwurf, Schneebruch oder Borkenkäferbefall gehören zum Ökosystem Wald. Sie können jedoch die Schutzwirkung des Waldes gefährden, weil sie viele Bäume absterben lassen oder gar grosse Löcher in den Schutzwald reissen. Die Schutzwirkung des betroffenen Bestandes nimmt dadurch ab oder kann sogar ganz verloren gehen. Schutzwälder sollten deshalb möglichst stabil gegenüber Störungen

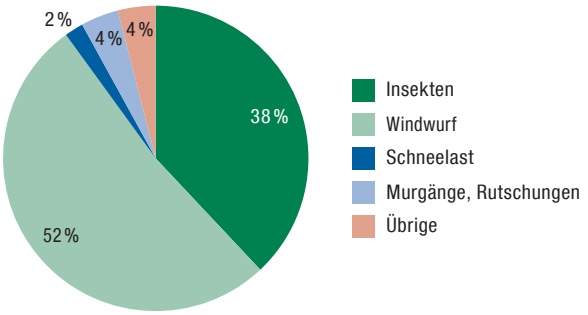


Abb. 5.2.3 *Hauptursachen von Zwangsnutzungen zwischen 1995 und 2006. Quelle: LFI 2004/06*

sein. Gemäss LFI 2009/13 ist der Schutzwald seit 1995 stabiler geworden. Der Anteil der Waldfläche mit kritischer oder verminderter Stabilität hat um 4 Prozent abgenommen und beträgt heute 53 Prozent.

Störungen haben dazu geführt, dass seit 1995 ungeplant durchschnittlich 509 000 Kubikmeter Holz pro Jahr genutzt werden mussten. Diese so genannten Zwangsnutzungen entsprechen rund einem Viertel der jährlichen Gesamtnutzung. Störungen treten jedoch unregelmässig und in unterschiedlichem Ausmass auf. In der Periode von 1995 bis 2006 war die Zwangsnutzungsmenge überdurchschnittlich hoch, insbesondere als Folge des Orkans «Lothar», der grossflächige Windwürfe verursachte (Abb. 5.2.3). Jura, Mittelland und Voralpen waren davon besonders betroffen. Von 2006 bis 2013 war die Zwangsnutzungsmenge geringer; etwa die Hälfte davon fiel aufgrund von Schadinsekten wie Borkenkäfer an.

Eine Voraussetzung für eine dauerhafte Schutzwirkung ist die Verjüngung des Waldes. Sie gewährleistet, dass nach dem Absterben derjenigen Bäume, die heute für Schutz sorgen, die nächste Baumgeneration deren Funktion übernimmt. Wenn in einem Schutzwald auf weniger als 10 Prozent der Bestandesfläche junge Bäume wachsen, gilt die Verjüngung als kritisch bis ungenügend (Brang und Duc 2002). Von 1995 bis 2013 hat sich die Verjüngungssituation im Schutzwald verschlechtert: Der Anteil der Schutzwaldfläche mit kritischer bis ungenügender Verjüngung hat von 36 auf 41 Prozent zugenommen. Für die Verjüngung ist auch die Baumartenzusammensetzung wichtig, denn nur standortgerechte Baumarten gewährleisten langfristig stabile Bestände. Schalenwild kann die Baumartenmischung beeinflussen, weil die Tiere gewisse Arten wie Weisstanne, Ahorn und Vogelbeere bevorzugt verbeissen und damit deren Aufwuchs beeinträchtigen. Besonders empfindlich reagiert die Weisstanne. Ihre kritische Verbissintensität liegt bei 9 Prozent (Kap. 4.2; Eiberle und Nigg 1987). Wird dieser Wert wesentlich überschritten, können

junge Weisstannen meist nicht aufwachsen und fehlen als Folge in der Oberschicht. Seit 1995 hat die Verbissintensität bei der Weisstanne von 14 auf über 20 Prozent zugenommen. Schutzmassnahmen wie Zäune oder Einzelpflanzenschutz (Kap. 4.2) sind im Schutzwald wegen des steilen Geländes und der grossen Schneehöhen teuer und nicht praktikabel. Der Nachwuchs der Weisstanne ist daher stark gefährdet. Diese Baumart ist im Schutzwald besonders wichtig für den Aufbau stabiler Bestände. Sie ist fähig, sich im Schatten zu verjüngen und den Boden tief zu durchwurzeln. Damit trägt sie zum stufigen Aufbau des Waldes und zur Stabilisierung und Entwässerung des Bodens bei.

Insgesamt hat sich der Schutzwald in den letzten Jahren unterschiedlich entwickelt: Die Baumartenzusammensetzung und die Waldstruktur haben sich verbessert, während sich die Verjüngungssituation verschlechtert hat. Oft ist die Verjüngung zu spärlich vorhanden, und das Vorkommen ökologisch wichtiger Baumarten ist durch Wildverbiss gefährdet. Wenn die Schutzwirkung dauerhaft gewährleistet werden soll, sind daher in den nächsten Jahrzehnten grosse Anstrengungen bei der Schutzwaldpflege und beim Wald-Wild-Management nötig.

6 Sozioökonomie

Oliver Thees, Silvio Schmid

Das Kriterium Sozioökonomie stellt den Bezug der Wald- und Holzwirtschaft zur Gesellschaft dar. Im Vordergrund stehen hierbei ökonomische und soziale Aspekte der nachhaltigen Waldbewirtschaftung in der Schweiz. Seit dem letzten Waldbericht von 2005 haben die Bedeutung und die Verflechtung dieser Aspekte offenbar weiter zugenommen – so zum Beispiel der Einfluss der Bevölkerung auf die Bewirtschaftung des Waldes. Nutzungskonflikte sind dabei vermehrt Ursache und Folge. Die Holzproduktionsleistung und die Dienstleistungen des Waldes wie Schutz oder Erholung werden zunehmend integraler betrachtet, wobei die Erstere wieder an Bedeutung gewinnt. Verursacht wird diese Entwicklung unter anderem durch die Energiewende, aber auch durch die allgemein schwierige wirtschaftliche Situation der Betreiber und Partner der Schweizer Waldwirtschaft.

Zusammenfassung

Die Wirkungen und Leistungen der Wald- und Holzwirtschaft werden in einer Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) ausgewiesen. Sie sind grösstenteils an die Produktion und die Nutzung des nachwachsenden Rohstoffes Holz gebunden. Zusätzliche Leistungen, welche die Waldwirtschaft erbringt, werden dagegen in der VGR nicht berücksichtigt. Zu diesen zählen vor allem Leistungen, die der gesamten Bevölkerung zugute kommen, wie etwa der Schutz vor Naturgefahren oder die Erholung.

Für die einzelnen Waldeigentümer sind Wald und Holz ein Teil ihres Vermögens. Zudem bieten Wald- und Holzwirtschaft vielen Tausend Menschen Arbeit und Einkommen, besonders im ländlichen Raum. Zwei Drittel des Schweizer Waldes werden von öffentlichen Waldeigentümern wie politische Gemeinden, Burgergemeinden und Korporationen bewirtschaftet. Die Waldarbeit selbst ist eine körperlich anstrengende und gefährliche Arbeit. Dank des Einsatzes moderner Holzerntemaschinen wie beispielsweise Vollernterntern können die Arbeiten heute kostengünstiger und sicherer ausgeführt werden als noch ein Jahrzehnt zuvor. Trotzdem bleibt die Bewirtschaftung des Schweizer Waldes teuer. Die wichtigsten Gründe dafür sind die kleinteiligen Bewirtschaftungsstrukturen, die schwierigen Geländeverhältnisse im Gebirgswald und die zu erbringenden umfangreichen Schutz- und Erholungsleistungen. Die Holzerlöse können die Kosten der Bewirtschaftung meist nicht decken. Gewisse Leistungen, die von öffentlichem Interesse sind, werden von Bund und Kantonen entschädigt. Dazu gehören vor allem der Schutz vor Naturgefahren sowie die Erhaltung und Förderung der Biodiversität.

Der nachwachsende Rohstoff Holz wird immer mehr nachgefragt. Einerseits wird er stofflich verwendet – zum Beispiel als Bau- und Möbelholz –, anderseits wird Holz energetisch zur Erzeugung von Wärme, Strom und in Zukunft möglicherweise auch für Treibstoff eingesetzt. Die energetische Nutzung hat in der Schweiz seit 2005 verstärkt zugenommen, dies vor allem angesichts der Umstellung des Energieversorgungssystems auf erneuerbare Energieträger. Mit Holz und Produkten aus Holz wird auch gehandelt. Wird die in diesen Produkten verarbeitete Holzmenge summiert, so wird mengenmässig etwa gleich viel Holz importiert wie exportiert; wertmässig hingegen übersteigt der Import den Export deutlich.

Der Wald wird auch als Erholungsraum sehr geschätzt. Vor allem in Wäldern nahe den Ballungszentren kann dies zu Konflikten führen: einerseits zwischen den Erholungssuchenden selbst und anderseits zwischen den Erholungssuchenden und den Bewirtschaftern des Waldes. Der Wald ist zudem eng mit dem Kulturerbe verbunden. Materielle und immaterielle Zeugen seiner Nutzung schaffen kulturelle Identität und Kontinuität. Die Waldpädagogik vermittelt Wissen über das Ökosystem und seine Nutzung sowie über das Verhältnis von Mensch und Wald. Im Schulzimmer Wald erleben junge Menschen den Lebensraum Wald hautnah.

6.1 Waldeigentümer

Matthias Kläy

> *In der Schweiz sind Eigentum und Bewirtschaftung des Waldes stark zerstückelt.*
> *70 Prozent des Schweizer Waldes gehören öffentlichen Waldeigentümern, 30 Prozent sind in Privatbesitz.*
> *Es gibt rund 240 000 private Waldeigentümer. Sie besitzen im Durchschnitt je rund 1,4 Hektaren Wald. Dies entspricht der Grösse zweier Fussballfelder.*
> *Die Anzahl Waldeigentümer sowie die Eigentumsverhältnisse haben sich seit 2005 kaum verändert.*
> *Die Bewirtschaftung des Schweizer Waldes wird durch die starke Zerstückelung aufwendig, kann jedoch durch vermehrte Zusammenarbeit und bessere Bewirtschaftungsmethoden rationeller und effizienter gestaltet werden.*

Eigentumsverhältnisse

Im Gegensatz zum Wald anderer Länder ist der Schweizer Wald per Gesetz für alle frei zugänglich. Deshalb geht oft vergessen, dass jede Waldfläche jemandem gehört. Und der Wald gehört vielen: Insgesamt 250 000 Eigentümer teilen sich den Schweizer Wald untereinander auf. Die meisten Waldbesitzer – nämlich 97 Prozent – sind Privatpersonen. Diese verfügen meist nur über kleine Waldflächen von weniger als 50 Hektaren. Im Durchschnitt sind diese Waldstücke sogar lediglich 1,42 Hektaren gross. Der Wald der öffentlichen Hand ist deutlich weniger stark parzelliert: Die rund 3300 öffentlich-rechtlichen Waldbesitzer bewirtschaften 70 Prozent der gesamten Waldfläche und sind für 64 Prozent der gesamten Holznutzung zuständig. Die regionalen Unterschiede sind allerdings gross: Im Kanton Luzern sind 70 Prozent des Waldes in Privatbesitz, während es im Kanton Wallis nur gerade 9 Prozent sind.

Gesamtschweizerisch gehören die meisten Waldflächen der öffentlichen Hand den Gemeinden: 40 Prozent den politischen Gemeinden und 31 Prozent den Bürgergemeinden. Weitere 11 Prozent befinden sich im Besitz von Korporationen und Genossenschaften, und insgesamt 7 Prozent gehören Bund und Kantonen (Abb. 6.1.1). Waldbesitz hat Tradition: Die Anzahl der Waldbesitzer sowie die Eigentumsverhältnisse haben sich in den letzten Jahren kaum verändert. Da ein Grossteil des Schweizer Waldes der öffentlichen Hand gehört, gehen viele Leute davon aus, dass dieser nicht gewinnorientiert bewirtschaftet wird, sondern vor allem dem Gemeinwohl dient. Dies kann jedoch höchstens auf Waldeigentümer zutreffen, die Steuern erheben und einnehmen – also Bund, Kantone, politische Gemeinden – und denen lediglich rund 50 Prozent des öffentlich-rechtlichen Waldes gehören. Ein grosser Teil des Waldes wird demzufolge nach marktwirtschaftlichen Kriterien bewirtschaftet; die Eigentümer müssen ihre Kosten decken können.

Bewirtschaftung

Der Schweizer Wald wird durch Forstbetriebe, spezialisierte Forstunternehmungen sowie private Waldeigentümer bewirtschaftet. Es gibt jedoch auch Eigentümer, die ihren Wald nicht nutzen und ihn seiner natürlichen Entwicklung überlassen. Die Forstbetriebe bewirtschaften rund 70 Prozent der Waldfläche der Schweiz und werden dabei von spezialisierten Forstunternehmungen unterstützt. Die starke Parzellierung des Schweizer Waldes zeigt sich nicht nur bei den Waldeigentümern,

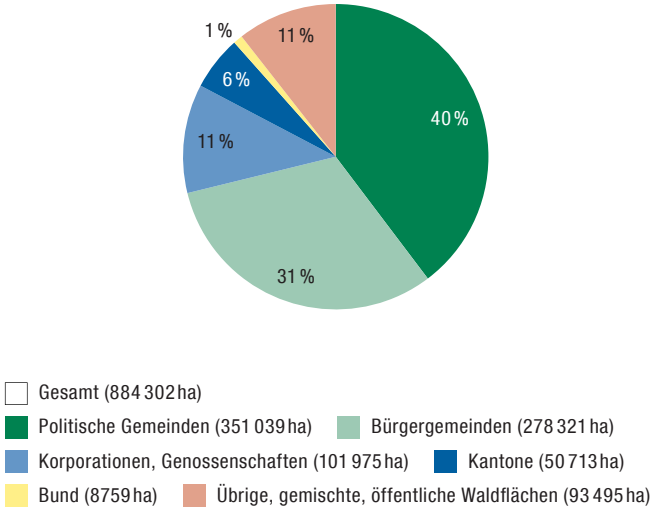


Abb. 6.1.1 *Öffentliche Waldflächen der Schweiz in Hektaren und prozentualen Anteilen nach Eigentümertyp. Quelle: BFS und BAFU 2012*

Tab. 6.1.1
Anzahl Forstbetriebe nach Grösse (ohne private Forstbetriebe <50 ha) für die Jahre 2004 bis 2012. Quelle: BFS und BAFU 2013

Grösse des Forstbetriebs	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Veränderung 2004 zu 2012
<50 ha	1236	1201	1178	1101	1026	999	980	937	912	**–324**
51–100 ha	464	455	446	436	412	399	389	371	370	**–94**
101–200 ha	435	426	421	412	406	383	381	352	355	**–80**
201–500 ha	467	454	444	442	435	423	419	374	368	**–99**
501–1000 ha	262	264	267	261	252	251	247	242	242	**–20**
1001–5000 ha	174	174	175	178	190	188	192	192	193	**19**
>5000 ha	2	2	2	3	4	5	5	7	7	**5**
Total	**3040**	**2976**	**2933**	**2833**	**2725**	**2648**	**2613**	**2475**	**2447**	**–593**
Entwicklung in absoluten Zahlen		**–64**	**–43**	**–100**	**–108**	**–77**	**–35**	**–138**	**–28**	
Entwicklung in Prozenten		**–2,1**	**–1,4**	**–3,4**	**–3,8**	**–2,8**	**–1,3**	**–5,3**	**–1,1**	**–19,5**

sondern auch bei den Forstbetrieben: Über die Hälfte aller Betriebe bewirtschaftet zusammen weniger als 10 Prozent der produktiven Waldfläche, während wenige grosse Betriebe einen grossen Teil der Fläche bewirtschaften (Abb. 6.1.2).

Der ökonomische Druck auf die Forstbetriebe ist in den letzten Jahren gestiegen, unter anderem weil die Welthandelspreise für Holz gesunken sind und gleichzeitig der Spardruck bei der öffentlichen Hand zugenommen hat. Mit der Verschlechterung der ökonomischen Situation hat die Bedeutung einer betriebswirtschaftlich ausgerichteten Führung sowie des Einsatzes rationeller Arbeitsverfahren zugenommen. Deshalb haben sich seit 2004 viele Waldeigentümer zu grösseren Bewirtschaftungseinheiten oder Betrieben zusammengeschlossen. Ein Blick auf die Entwicklung der Anzahl Forstbetriebe zeigt, dass deren Zahl seit 2004 um rund 20 Prozent gesunken ist (Tab. 6.1.1). Den grössten Rückgang verzeichnen die kleinen Forstbetriebe mit einer Grösse bis zu 50 Hektaren, während die grossen Betriebe ab einer Grösse von 1000 Hektaren sogar leicht zugenommen haben. Ein wichtiger Partner bei der Nutzung der Wälder sind spezialisierte Forstunternehmungen, welche im Auftrag der Forstbetriebe die Holzschlagarbeiten und weitere Waldarbeiten durchführen. Mit ihren modernen Arbeitsmitteln und -verfahren sowie ihrem spezialisierten Know-how tragen sie stark zu einer rationellen und kostendeckenden Waldbewirtschaftung bei. Die Zusammenarbeit von Waldbesitzern und überbetrieblichen Bewirtschaftungseinheiten sind der Schlüssel zu einer verbesserten ökonomischen Leistungsfähigkeit der Waldwirtschaft.

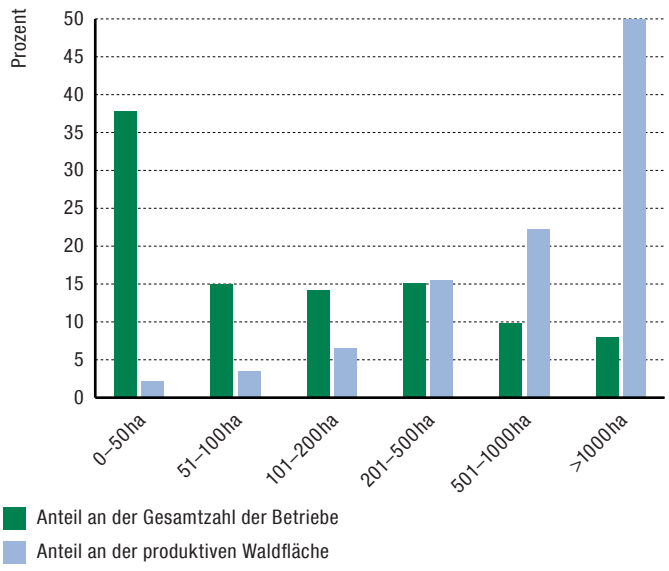


Abb. 6.1.2 *Verteilung der Forstbetriebe nach Grösse und ihr Anteil an der Waldfläche im Jahr 2011. Quelle: BFS und BAFU 2012*

6.2 Volkswirtschaftliche Bedeutung der Wald- und Holzwirtschaft

Roland Olschewski

> *Die Wald- und Holzwirtschaft trägt knapp 1 Prozent zur gesamtschweizerischen Wirtschaftsleistung bei. Der Grossteil davon wird in der Holzwirtschaft erarbeitet.*

> *Da der Wald neben der Holzproduktion zahlreiche unbezahlte Ökosystemleistungen erbringt, ist die ökonomische Bedeutung der Waldwirtschaft höher als in der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung ausgewiesen.*

> *Gegenüber dem Waldbericht 2005 ist die Bruttowertschöpfung in der Papierindustrie gesunken, während in der Waldwirtschaft und der Holzbearbeitung und -verarbeitung nominal ein Anstieg zu verzeichnen ist.*

Wertschöpfung

Die Wald- und Holzwirtschaft umfasst zahlreiche private und öffentliche Betriebe verschiedener Produktionsbereiche. Zur Waldwirtschaft gehören die öffentlichen Forstbetriebe, der Privatwald sowie die Forstunternehmen und Forstbaumschulen. Die Holzwirtschaft gliedert sich in die Be- und Verarbeitung von Holz sowie die Zellulose-, Papier- und Kartonindustrie. Allen Bereichen ist gemein, dass ihre Produktion direkt oder indirekt auf dem Rohstoff Holz basiert. Abbildung 6.2.1 gibt eine Übersicht über die wald- und holzwirtschaftlichen Produktionsprozesse.

Der Beitrag der Wald- und Holzwirtschaft zur Schweizer Volkswirtschaft kann mithilfe der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) erfasst und dargestellt werden (Tab. 6.2.1). Der Bruttoproduktionswert bezeichnet den Gesamtwert aller in einem Jahr produzierten Waren und Dienstleistungen. Die Bruttowertschöpfung (BWS) ergibt sich, wenn von diesem Wert die Vorleistungen, das heisst die im Produktionsprozess verbrauchten, verarbeiteten oder umgewandelten Waren und Dienstleistungen, abgezählt werden. Die BWS der Wald- und Holzwirtschaft betrug im Jahr 2011 knapp 1 Prozent der gesamtschweizerischen BWS. Zwei Drittel davon wurden in der Holzbearbeitung und -verarbeitung erwirtschaftet, ein Viertel in der Papier- und Kartonindustrie und knapp ein Zwölftel von der Waldwirtschaft. Abbildung 6.2.2 zeigt die Entwicklung der BWS in den verschiedenen Produktionsbereichen: Die BWS (nicht inflationsbereinigt) der Waldwirtschaft ist seit 2001 um rund 50 Prozent gestiegen – von rund 250 auf knapp 400 Millionen Franken. Die Be- und Verarbeitung von Holz verzeichnete im selben Zeitraum einen Anstieg von rund 30 Prozent, während die Leistung der Zellulose-, Papier- und Kartonindustrie um rund 15 Prozent gesunken ist. Zu diesem Rückgang haben unter anderem die Schliessungen namhafter Papier- und Zellulosefabriken in der Schweiz beigetragen. Ferner ist der dämpfende Effekt der internationalen Wirtschaftskrise nach 2008 in allen Produktionsbereichen zu erkennen.

Waldwirtschaft

Der nominale Anstieg der Wertschöpfung in der Waldwirtschaft nach 2001 beruht vornehmlich auf einem «Aufholeffekt», denn das derzeitige Wertschöpfungsniveau wurde bereits vor dem Orkan «Lothar» realisiert. Nach den Schäden, die der Orkan im Wald verursacht hatte, wurde schlagartig viel Holz zwangsgenutzt. Dies führte zu einem drastischen Preiseinbruch und als Folge davon zu einem Rückgang der Wertschöpfung. Erst in den Folgejahren stiegen sowohl die Preise als auch die genutzten Mengen wieder an. Berechnet man die BWS der vergangenen 10 Jahre in konstanten Preisen

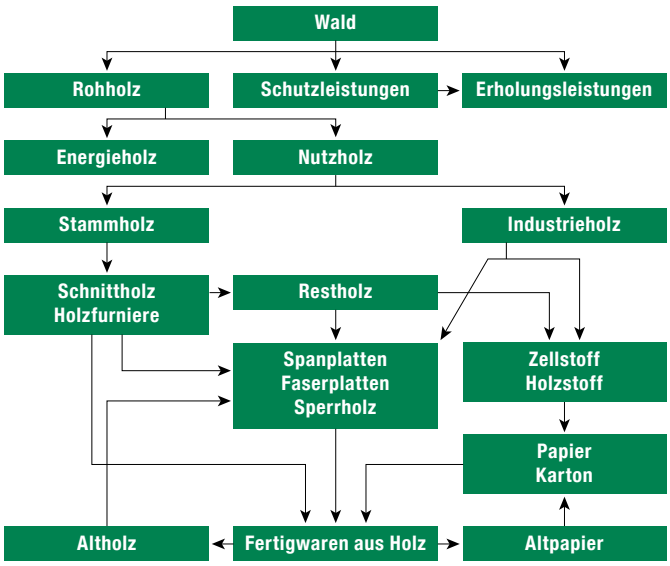


Abb. 6.2.1 *Produktionsprozesse in der Wald- und Holzwirtschaft. Quelle: Illustration nach Bergen et al. 2013*

Tab. 6.2.1
Wirtschaftsleistung der Wald- und Holzwirtschaft für das Jahr 2011 in Millionen Franken und in Prozenten der gesamtschweizerischen Bruttowertschöpfung. Quelle: BAFU 2013a

	Waldwirtschaft		Holzbearbeitung und -verarbeitung		Papier / Karton / Zellulose		Schweiz gesamt
	Mio. Fr.	%	Mio. Fr.	%	Mio. Fr.	%	Mio. Fr.
Bruttoproduktionswert	872	**0,07**	8494	**0,73**	3874	**0,33**	1 167 377
Vorleistungen	509	**0,08**	5177	**0,84**	2588	**0,42**	614 172
Bruttowertschöpfung	363	**0,06**	3317	**0,57**	1287	**0,22**	585 102

des Jahres 2000, ergibt sich ein jährlicher Durchschnittswert von rund 220 Millionen Franken, mit einem leicht rückläufigen Trend ab 2008. Der Beitrag der Waldwirtschaft zur Schweizer Wirtschaftsleistung verharrt folglich auf niedrigem Niveau, und die ökonomische Situation der Forstbetriebe bleibt schwierig (Kap. 6.3). Die VGR erfasst jedoch nur die vermarkteten Güter und Dienstleistungen und ist nicht mit der tatsächlichen volkswirtschaftlichen Bedeutung des Waldes gleichzusetzen. Denn der Wald stellt neben der Rohholzproduktion zahlreiche Dienstleistungen zur Verfügung, beispielsweise Klima-, Lawinen-, Biodiversitäts- und Bodenschutz sowie Erholungsmöglichkeiten (Abb. 6.2.3, Kap. 1.1). Diese Leistungen sind oft öffentliche Güter und kommen weniger dem einzelnen Waldeigentümer als vielmehr der gesamten Bevölkerung zugute (vgl. Box 1, Abb. 6.2.4). Sie werden auch Ökosystemleistungen genannt; ein Begriff der auf dem «Ökosystem-Ansatz» des Millennium Ecosystem Assessment (MEA 2005) basiert. Dabei wird zwischen unterstützenden, bereitstellenden, regulierenden sowie kulturellen Leistungen von Ökosystemen unterschieden. Diese Einteilung fördert das Denken in volkswirtschaftlichen Kategorien, erleichtert eine ökonomische Bewertung und ermöglicht eine bessere sektorale Zuordnung (Bergen et al. 2013).

Einen wichtigen Schritt in diese Richtung stellt auch die im Jahr 2008 eingeführte Neugestaltung des Finanzausgleichs und der Aufgabenteilung zwischen Bund und Kantonen NFA dar. Ein Ziel der NFA ist es, Steuermittel im Umweltbereich effizienter einzusetzen, Fehlanreize zu beseitigen und den Kantonen mehr Handlungsspielraum zu gewähren. Die zu erbringenden Leistungen werden dabei ins Zentrum gerückt (BAFU 2011b; Kap. 6.4). So wurden in den Jahren 2008 bis 2012 öffentliche Mittel in Höhe von durchschnittlich rund 225 Millionen Franken pro Jahr für Leistungen in den vier Bereichen Schutzwald, Schutzbauten und Gefahrengrundlagen, Biodiversität sowie Waldwirtschaft ausgegeben. Die Summe dieser Beiträge spiegelt den volkswirtschaftlichen Nutzen des Waldes nur begrenzt wider. Für dessen genauere Berechnung bräuchte es eine umfassendere ökonomische

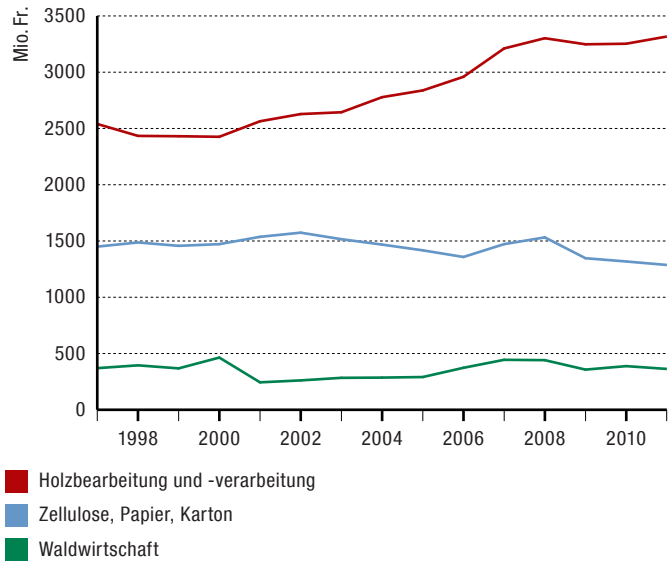


Abb. 6.2.2 *Entwicklung der nominalen Bruttowertschöpfung der Wald- und Holzwirtschaft in Millionen Franken. Quelle: BAFU 2013a*

Box 1: Wald und Klimaschutz

Beim Wachstum von Wäldern wird der Atmosphäre CO_2 entzogen, denn die Hälfte der produzierten Biotrockenmasse besteht aus reinem Kohlenstoff (Kap. 1.4). Aus ökonomischer Sicht handelt es sich bei der Kohlenstoffspeicherung in Wäldern um ein öffentliches Gut: Die Verringerung der CO_2-Konzentration in der Atmosphäre wirkt dem Klimawandel entgegen. Eine Vermarktung des Gutes «Forstlicher Klimaschutz» ist schwierig, weil niemand von diesem Gut ausgeschlossen werden kann und es keine Konkurrenz um seine Nutzung gibt.

Viele Industrieländer entschlossen sich im Rahmen des internationalen Kyoto-Protokolls, die forstliche Klimaschutzleistung in die nationale CO_2-Bilanz aufzunehmen. So können sie einen Teil ihres CO_2-Ausstosses durch den Aufbau eines Kohlenstoffvorrates in heimischen Wäldern reduzieren und damit die internationale Verpflichtung erfüllen (Kap. 1.4). Den Waldeigentümern wurde diese Klimaschutzleistung bislang jedoch nicht entgolten. Aus diesem Grund wird sie bisher auch nicht in der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung erfasst (Bergen et al. 2013).

Tab. 6.2.2

Holzmengen in Kubikmetern fester Holzmasse und Holzwertschöpfung in Millionen Franken und in Prozenten für die verschiedenen Produktionsstufen im Jahr 2010. Quelle: BAFU 2013b

Produktionsstufe	Stoffliche Nutzung				Energetische Nutzung				Gesamt		
	Mio. m³	%	Mio. Fr.	%	Mio. m³	%	Mio. Fr.	%	Mio. m³	Mio. Fr.	%
Rohstoffgewinnung, Recycling	5,3	**54**	250	**71**	4,6	**46**	100	**29**	9,9	350	**6**
1. und 2. Verarbeitungsstufe	2,8	**72**	850	**94**	1,1	**28**	50	**6**	3,9	900	**15**
Endverbrauch	4,4	**52**	4170	**87**	4,1	**48**	610	**13**	8,5	4780	**79**

Bewertung und die Inwertsetzung der öffentlichen Güter im Rahmen einer umweltökonomischen Gesamtrechnung. Eine solche könnte zeigen, dass die Waldwirtschaft eine erheblich höhere Wertschöpfung erzielt als bisher statistisch erfasst wird. Die Abgeltung von Umweltdienstleistungen und deren Berücksichtigung im Produktionsprozess kann einen wichtigen Beitrag zu einer effizienten und nachhaltigen Ressourcennutzung leisten.

Holzwertschöpfung nach Verarbeitungsstufen

Die Art, wie Holz verwendet wird, lässt sich nach verschiedenen Verarbeitungsstufen gliedern (BAFU 2013a). Tabelle 6.2.2 zeigt eine Gegenüberstellung der in den jeweiligen Produktionsstufen verarbeiteten Holzmengen und der dabei erzielten Wertschöpfung für die gesamte Schweiz. Regionale Wertschöpfungsketten können darüber hinaus im Rahmen von «Clusteranalysen» abgebildet werden (vgl. Box 2). Auf der Stufe von Rohstoffgewinnung und Recycling werden nur rund 6 Prozent der Holzwertschöpfung erzielt. Die stoffliche Nutzung als Stamm- und Industrieholz sowie als Altpapier trägt rund 70 Prozent bei und die energetische Nutzung knapp 30 Prozent. Auf der 1. und 2. Verarbeitungsstufe werden 15 Prozent der Holzwertschöpfung erzielt. Den grössten Anteil hat dabei die stoffliche Nutzung mit 94 Prozent beispielsweise als Schnitt- und Sperrholz sowie als Span- und Faserplatten (1. Verarbeitungsstufe) oder als Fenster und Parkett (2. Verarbeitungsstufe). Am grössten ist die Wertschöpfung mit einem Anteil von 79 Prozent beim Endverbrauch, zu dem unter anderem das Bauwesen und die Herstellung von Möbeln sowie Papier und Karton gehören. Der Grossteil wird hier durch die stoffliche Verwendung erzielt, während die energetische Verwendung, die fast ausschliesslich auf die Holznutzung in Heizungen zurückzuführen ist, vergleichsweise wenig zur Wertschöpfung beiträgt. Die Zahlen in Tabelle 6.2.2 zeigen, dass die Wertschöpfung bei der stofflichen Holznutzung mit höheren Verarbeitungsstufen ansteigt, während sie bei der energetischen Nutzung sinkt. Besonders deutlich wird dies auf der Stufe des Endverbrauchs: Obwohl knapp die Hälfte

Box 2: Regionale Bedeutung der Wald- und Holzwirtschaft

Die volkswirtschaftliche Bedeutung miteinander verbundener Produktionsbereiche kann mit regionalen «Clusteranalysen» untersucht werden. Dabei wird zum Beispiel die Wertschöpfungskette des Holzes dargestellt – von der Rohstoffgewinnung beim Waldeigentümer über die Verarbeitung in der Sägerei bis hin zur Herstellung von Fenstern oder Möbeln im Schreinereibetrieb. Dadurch sollen wettbewerbsfähige Produktionsbereiche identifiziert und regionale Entwicklungspotenziale erkannt werden (Lehner et al. 2014).

In der Schweiz fällt die ökonomische Bedeutung solcher regionalen Cluster unterschiedlich aus, und in einigen Kantonen liegt sie deutlich über dem landesweiten Durchschnitt. Diese wirtschaftlich erfolgreichen Cluster sind oft historisch gewachsen, und ihre Wettbewerbsfähigkeit basiert auf vielen für die Region spezifischen Faktoren. Pauschale Empfehlungen für eine gezielte und langfristig erfolgreiche Förderung der Wald- und Holzwirtschaft in anderen Regionen lassen sich daraus nur bedingt ableiten.

Abb. 6.2.3 *Neben der Holzproduktion bietet der Wald auch Möglichkeiten für sportliche Aktivitäten. Foto: Manuela Di Giulio*

der Holzmenge energetisch verwendet wird, beträgt deren Anteil an der Wertschöpfung lediglich 13 Prozent. Die stoffliche Nutzung hingegen trägt 87 Prozent der Wertschöpfung bei. Das bedeutet, dass relativ grosse Holzmengen mit einer vergleichsweise geringen Wertschöpfung eingesetzt werden. Eine effizientere Verwendung verspricht die sogenannte Kaskadennutzung. Dabei wird das Holz zuerst stofflich genutzt und erst dann energetisch verwertet, wenn die Holzprodukte das Ende ihres jeweiligen Lebenszyklus erreicht haben.

Abb. 6.2.4 *Dieser Herbstwald lädt nicht nur zur Erholung ein, sondern ist auch ein wichtiger Kohlenstoffspeicher. Foto: Hanne Gössl, FVA*

6.3 Wirtschaftliche Lage der Forstbetriebe

Matthias Kläy

> *Die ökonomische Lage der Schweizer Forstbetriebe bleibt schwierig: Seit den 1990er-Jahren weisen sie jährliche Verluste aus.*

> *Die internationalen Marktbedingungen für die Schweizer Wald- und Holzwirtschaft sind ungünstig. Die Kosten der Waldbewirtschaftung konnten nicht im gleichen Mass gesenkt werden, wie sich die Erlöse aus dem Holzverkauf verringerten.*

> *Die Wald- und Holzwirtschaft braucht zum einen bessere Marktbedingungen und zum anderen weitere Massnahmen zur Kostensenkung und Erschliessung neuer Einnahmequellen.*

Einnahmen und Kosten der Forstbetriebe

Die Ausgaben der meisten Schweizer Forstbetriebe sind seit den 1990er-Jahren grösser als ihre Einnahmen; sie schreiben trotz Beiträgen der öffentlichen Hand im Durchschnitt Verluste (Abb. 6.3.1). Allein im Jahr 2012 belaufen sich die ausgewiesenen Unterdeckungen auf 58 Millionen Franken. Ergebnisse des forstwirtschaftlichen Testbetriebsnetzes der Schweiz (TBN) zeigen, dass pro Hektare die ungedeckten Kosten für die Bewirtschaftung 77 Franken betragen. Für die Nutzung von 1 Kubikmeter (m^3) Holz belaufen sich diese ungedeckten Kosten auf 17 Franken. Ein wichtiger Grund dafür ist, dass die Marktbedingungen für die Schweizer Holzwirtschaft in Europa ungünstig sind; die Margen und Erlöse sind unter Druck geraten (Kap. 3.2). Halb- und Fertigfabrikate können im Ausland zu tieferen Kosten produziert und infolge des starken Frankens billig importiert werden. Aus diesem Grund kann die Schweizer Wald- und Holzwirtschaft vom gegenwärtigen Holzbau-Boom nur wenig profitieren.

Der Preisdruck wird teilweise an die Waldbesitzer weitergegeben, deren grösste Einnahmenquelle die Erlöse aus den Holzverkäufen sind. Ein grosser Ausgabenposten der Forstbetriebe sind die Lohnkosten. Holzerlöse und Lohnkosten haben sich seit den 1960er-Jahren gegenläufig entwickelt: Während die Holzpreise in den letzten Jahrzehnten deutlich sanken, stiegen die Lohnkosten (Abb. 6.3.2). Die Forstbetriebe vermochten zwar ihre Kosten für die Waldbewirtschaftung

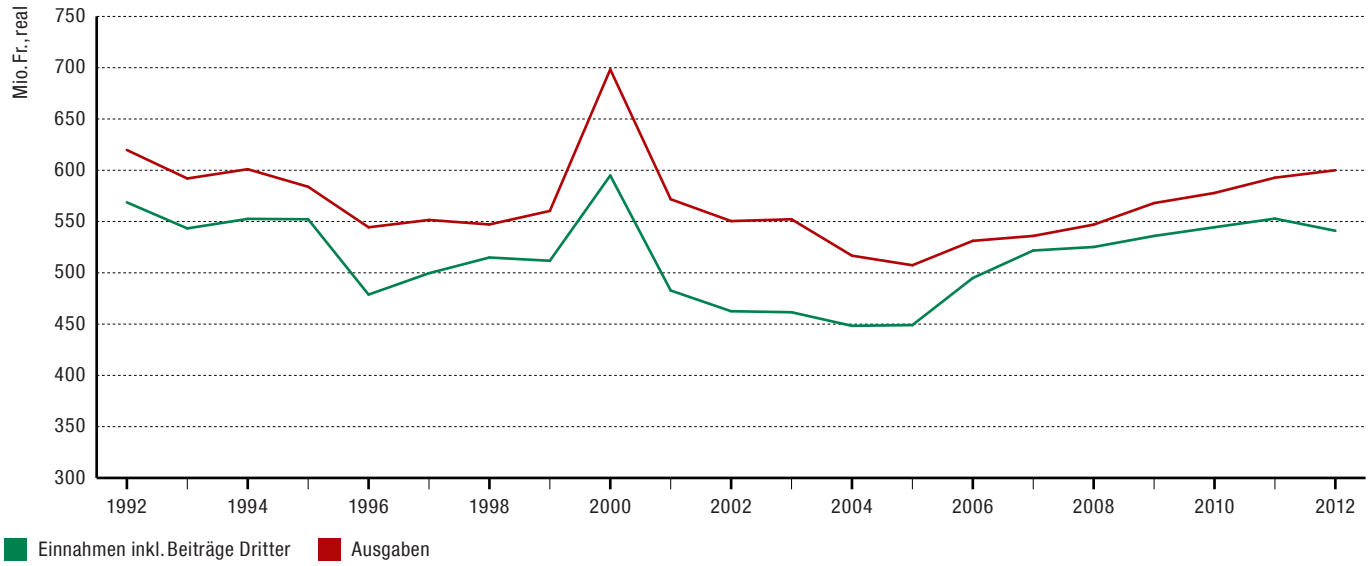


Abb. 6.3.1 *Entwicklung der Einnahmen und Ausgaben der Schweizer Forstbetriebe (Gesamtbetrieb) in Millionen Franken zwischen 1992 und 2012. Quelle: BFS und BAFU 2013*

zu senken, aber nicht im selben Mass, wie die Erlöse aus dem Holzverkauf schrumpften. Gründe dafür sind unter anderem die starke Parzellierung des Waldbesitzes und der Bewirtschaftung (Kap. 6.1), die aufwendige Schutzwaldpflege sowie der hohe Standard der Leistungen zugunsten der gesellschaftlichen Wohlfahrt (z. B. Wald als Erholungsraum).

Waldwirtschaft

Die Leistungen der Waldwirtschaft zugunsten der Wohlfahrt (insbesondere für Erholung, Waldbiodiversität, Trinkwasser oder CO_2-Senken) werden heute aus betriebswirtschaftlicher Sicht noch nicht genügend in Wert gesetzt und abgegolten. In diesem Bereich sind bessere Rahmenbedingungen nötig (Kap. 6.2). Es braucht jedoch auch zusätzliche Anstrengungen der Waldeigentümer und ihrer Forstbetriebe, um die Waldbewirtschaftung effizienter zu gestalten. Zwar sind zurzeit die Zukunftsaussichten für Holz gut: einerseits als erneuerbarer Baustoff und Energieträger, anderseits als Rohstoff für eine Vielzahl weiterer Verwertungsmöglichkeiten, insbesondere für die Textilindustrie und die chemische Industrie. Trotzdem ist kaum anzunehmen, dass die Holzpreise in naher Zukunft wieder das Niveau der (goldenen) Zeiten vor den 1990er-Jahren erreichen werden. Demnach dürften die Marktbedingungen für die einheimische Wald- und Holzwirtschaft in den nächsten Jahren schwierig bleiben. Mit folgenden Massnahmen liesse sich die ökonomische Situation der Waldwirtschaft verbessern:

> Es ist eine klare strategische Ausrichtung der Forstbetriebe erforderlich. Diese bedingt eine fundierte Auseinandersetzung mit den betrieblichen Rahmenbedingungen. Dabei soll auf Kernprodukte fokussiert und nur dann diversifiziert werden, wenn eine entsprechende Nachfrage und Zahlungsbereitschaft gegeben ist.
> Die betrieblichen Personal- und Maschinenkapazitäten sind auf die Kernaufgabe der Waldbewirtschaftung auszurichten. Deshalb müssen bei der Holzernte und der Waldpflege die rationellsten Verfahren eingesetzt werden.
> Es braucht eigentumsübergreifende Kooperationen und eine bessere Zusammenarbeit mit spezialisierten Forstunternehmungen.
> Die Walderschliessungsdichte ist zu optimieren, und es gilt, neue Konzepte für das Management der Walderschliessung zu erarbeiten und umzusetzen.
> Die Leistungen zugunsten der allgemeinen Wohlfahrt sind in Wert zu setzen.

Die Waldpolitik 2020 des Bundes (BAFU 2013c) enthält eine Reihe von Massnahmen, welche die Waldbesitzer dabei unterstützen, ihre ökonomische Leistungsfähigkeit zu verbessern. Beispielsweise fördern Bund und Kantone die eigentumsübergreifende Zusammenarbeit im Rahmen von Programmvereinbarungen.

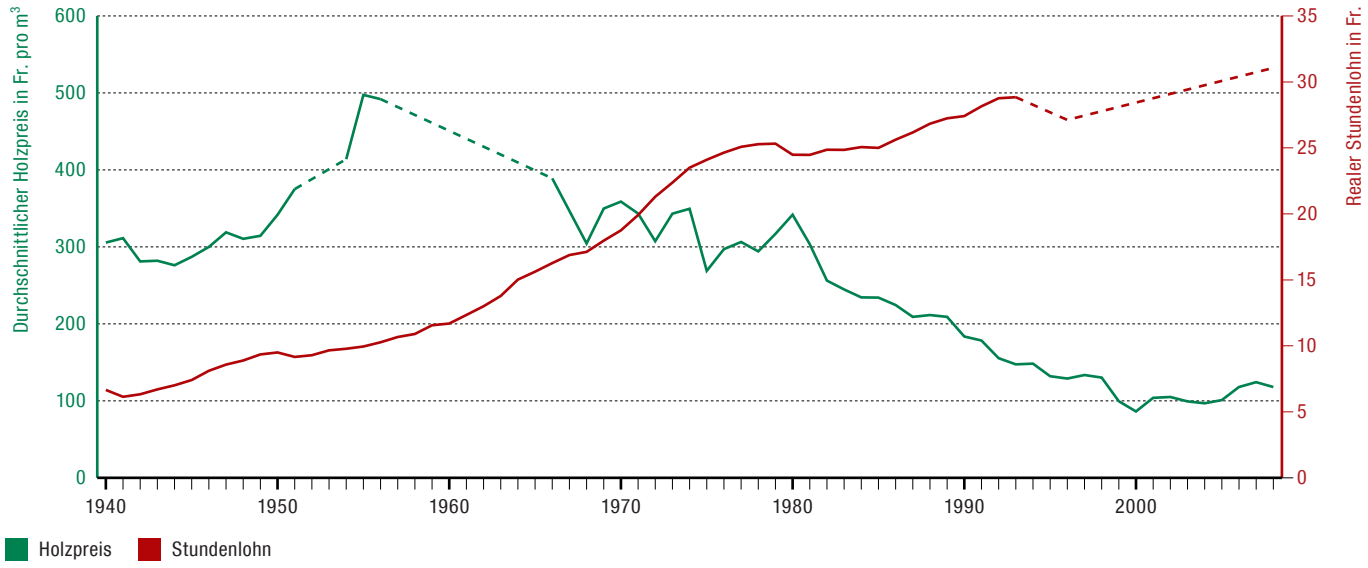


Abb. 6.3.2 *Die Entwicklung der realen Langholzpreise für Fichte und Tanne (in Fr. pro m³) sowie der realen Lohnkosten (in Fr. pro Bruttostundenlohn) in der Schweizer Forstwirtschaft für die Jahre 1940–2008. (Daten teilweise interpoliert: Linie gestrichelt). Quelle: nach Nellen 2011 und Hess 2011*

6.4 Staatliche Förderung der Waldwirtschaft durch den Bund

Willi Zimmermann

> *Die Waldwirtschaft wird seit den Anfängen einer gesamtschweizerischen Waldpolitik unterstützt.*
> *Die Fördermassnahmen wurden seit Beginn der 1980er-Jahren kontinuierlich ausgebaut. In den Jahren 1990 und 2000 erreichte ihr Umfang mit rund 270 Millionen Franken pro Jahr seinen Höhepunkt.*
> *Seit dem Inkrafttreten des Neuen Finanzausgleichs NFA im Jahr 2008 wurden die Bundesbeiträge auf 6 Kategorien reduziert, und die Beitragssumme hat sich bei rund 135 Millionen Franken pro Jahr stabilisiert.*
> *Gemäss Waldpolitik 2020 sollen die jährlichen Beiträge in den neuen Tatbeständen «Anpassung an den Klimawandel» und «Schutz vor Schadorganismen» um 20 bis 30 Prozent erhöht werden.*
> *Im Vergleich zum Waldbericht 2005 haben sich wegen des Neuen Finanzausgleichs NFA primär die Verfahren und nicht die Inhalte der Förderpolitik verändert.*

Die Entwicklung der Waldförderungspolitik

Die Waldpolitik der Schweiz ist föderalistisch aufgebaut, fokussiert die Erhaltung der bestehenden Waldfläche und -qualität und setzt sich aus unterschiedlichen Instrumenten zusammen. Diese Elemente sind nicht neu, sondern gehen auf die Anfänge der schweizerischen Waldpolitik Ende des 19. Jahrhunderts zurück. Die Bundesverfassung und das damalige Forstpolizeigesetz ermächtigten den Bund, die Erhaltung des Waldes und seinen Wiederaufbau mit Geboten und Verboten zu erzwingen sowie finanziell zu unterstützen. Das 1993 in Kraft getretene Waldgesetz hat diese Politik weitgehend übernommen: Noch immer sind das Verbot von Rodungen und Kahlschlägen sowie die Förderung verschiedener forstlicher Massnahmen die zentralen Bestandteile der Waldpolitik des Bundes. Im Gegensatz zum Walderhaltungsgebot hat sich jedoch die Förderpolitik stetig weiterentwickelt (Abb. 6.4.1).

Zu Beginn der nationalen Waldpolitik begünstigte der Bund hauptsächlich die Aufforstungen und Verbauungen sowie den Bau und die Anschaffung von forstlichen Infrastrukturanlagen in Gebirgswäldern (z. B. Forststrassen, Seilkräne). Eine erste Ausweitung der Förderpolitik erfolgte in den 1940er-Jahren, als das Parlament das damalige Forstpolizeigesetz ergänzte: Bund und Kantone begünstigten neu finanziell die Zusammenlegung von Wäldern und die gemeinsame Waldbewirtschaftung. Ein eigentlicher Paradigmenwechsel folgte Mitte der 1980er-Jahren. Zunächst entschied das Parlament, dass in Zukunft nicht nur die Infrastruktur, sondern auch die Bewirtschaftung der Gebirgswälder durch Beiträge des Bundes unterstützt werden sollen. Die Diskussion über das Waldsterben führte dazu, dass das Parlament zwei befristete Bundesbeschlüsse verabschiedete, welche die Waldpflege mit finanziellen Mitteln des Bundes und der Kantone unterstützten. Mit diesen beiden Bundesbeschlüssen wurde der Grundstein für die finanzielle Förderung der Waldbewirtschaftung für sämtliche Wälder der Schweiz gelegt. Die staatlichen Beiträge nahmen zu, sowohl der gesamte Umfang als auch die Zahl der unterstützten Massnahmen (Abb. 6.4.1). Diese waren teilweise mehr als 20 an der Zahl und erreichten in den Jahren 1990 und 2000 mit Beiträgen von je rund 270 Millionen Franken einen Höchststand (BAFU 2009a).

Heutige Waldförderungspolitik

Das Waldgesetz von 1993 ist nach wie vor die zentrale rechtliche Grundlage für die heutige Waldpolitik. Diese wurde seither zwar verschiedentlich angepasst, aber nie grundlegend verändert. Die grössten Änderungen erfuhren die Förderbestimmungen des Bundes im Rahmen der Neugestaltung des Finanzausgleichs und der Aufgabenteilung zwischen Bund und Kantonen NFA. Diese fasste mehrere Massnahmen zu grösseren Förderkategorien zusammen und führte für die meisten Kategorien mehrjährige Programmvereinbarungen zwischen Bund und Kantonen ein. Heute begünstigen Bund und Kantone vorwiegend mittels Globalsubventionen die in Abbildung 6.4.2 aufgelisteten Kategorien. Insgesamt unterstützt der Bund die Schweizer Waldwirtschaft mit durchschnittlich rund 135 Millionen Franken pro Jahr. Rund 30 Prozent dieser Mittel sind jedoch nicht für eigentliche waldwirtschaftliche Massnahmen, sondern für die Erstellung und den Unterhalt von Schutzbauten gegen Naturgefahren bestimmt. Zusammen mit den Beiträgen der Kantone dürfte die staatliche Subvention für den Bereich Wald rund 230 Millionen Franken betragen. Die meisten Bundesmittel fliessen in die Schutzwaldpflege

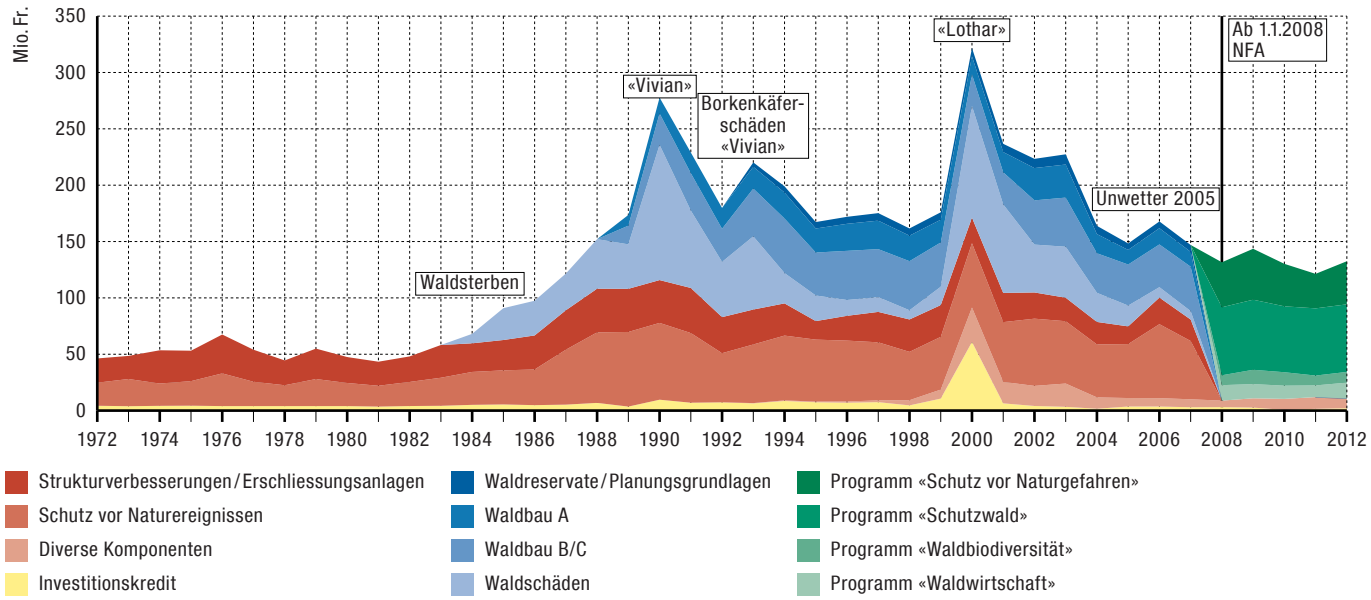


Abb. 6.4.1 *Ausbezahlte Bundesbeiträge an die Waldwirtschaft 1972–2012 in Millionen Franken. Quelle: BFS und BAFU 2013*

(46 %), gefolgt von den Beiträgen für den Schutz vor Naturgefahren (30 %). Mit deutlichem Abstand folgen die beiden Programme «Waldwirtschaft» (10 %) und «Waldbiodiversität» (7 %) sowie Diverses (7 %). Unter die letzte Beitragskategorie fällt vorwiegend die Holzförderung, welche im Gegensatz zu den anderen Kategorien nicht an Kantonsbeiträge gekoppelt ist. In der Regel sind die Kantonsbeiträge ungefähr gleich hoch wie die Bundesbeiträge. Die Kantone unterscheiden sich jedoch zum Teil erheblich in Bezug auf ihre Ansprüche an den Wald sowie ihre Waldverhältnisse. Entsprechend unterschiedlich ist daher die Aufteilung der kantonalen Beiträge auf die einzelnen Kategorien.

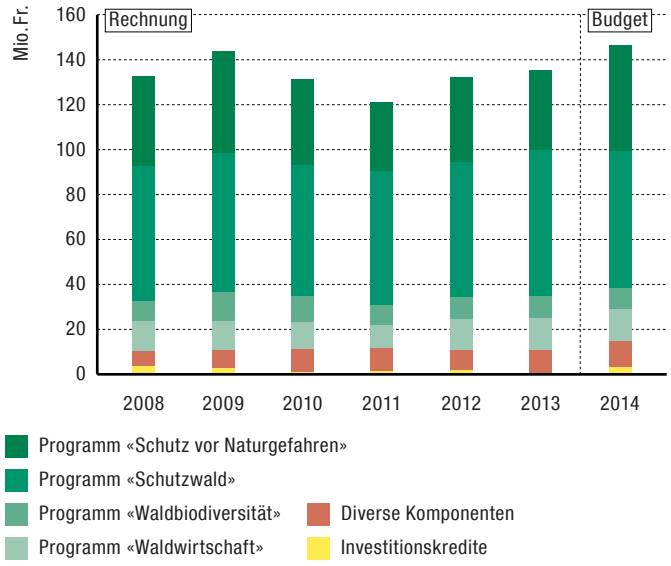


Abb. 6.4.2 *Die forstlichen Subventionen des Bundes seit 2008 in Millionen Franken. Quelle: Zimmermann 2014*

Auf Bundesebene bleiben bis 2020 gemäss der vom Bundesrat genehmigten «Waldpolitik 2020» (BAFU 2013c) die bestehenden Kategorien grundsätzlich unverändert. Bestehende Bundesbeiträge für die Schutzwaldpflege und die Jungwaldpflege sollen für notwendige Anpassungen an den Klimawandel erhöht werden. Weiter sind zusätzliche Mittel für die Verbesserung der Biodiversität im Wald sowie neu für Massnahmen gegen Schadorganismen ausserhalb des Schutzwaldes vorgesehen. Ab 2016 möchte der Bund für die Anpassung an den Klimawandel pro Jahr 20 Millionen Franken und für die Prävention und Bekämpfung biotischer Gefahren 2 Millionen Franken mehr als bisher zur Verfügung stellen. Im Rahmen des Aktionsplanes Biodiversität Schweiz sollen zusätzliche Mittel ebenfalls für die Förderung der Biodiversität im Wald bereitgestellt werden. Vorbehältlich des politischen Prozesses und genereller Kürzungsprogramme ist daher absehbar, dass die forstlichen Subventionen des Bundes und damit indirekt auch der Kantone in den kommenden Jahren insgesamt merklich zunehmen werden. Weitere Ergänzungen wie die erneute Finanzierung der Walderschliessung ausserhalb des Schutzwaldes oder die Abgeltung von nicht marktfähigen Gütern und Dienstleistungen des Waldes wie Kohlenstoffsenke und Wasserfilterung (Kap. 6.2) sind zurzeit nicht vorgesehen (Juli 2014).

6.5 Beschäftigte in der Wald- und Holzwirtschaft

Otto Raemy

> *In der Schweiz gehen knapp 7000 Personen einer Arbeit im Wald nach.*
> *Im Jahr 2011 arbeiteten über 90 000 Personen in der Holzwirtschaft, welche damals rund 15 300 Betriebe umfasste.*
> *Die Grundbildung in der Waldwirtschaft führt zum eidgenössischen Fähigkeitszeugnis Forstwart/-in. Danach stehen zahlreiche weitere Laufbahnen offen. Die akademische Ausbildung führt über die Matura an die Eidgenössische Technische Hochschule ETH oder an die Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL.*
> *Die im Waldbericht 2005 beschriebenen strukturellen Veränderungen haben sich fortgesetzt. So sank die Anzahl der Forstbetriebe von 3040 im Jahr 2004 auf 2447 im Jahr 2012.*
> *Die Zahlen von 2005 und von 2011 für die Beschäftigten basieren nicht auf den gleichen Berechnungsgrundlagen und können daher nicht miteinander verglichen werden.*

Arbeitsplätze in der Wald- und Holzwirtschaft

In der Schweiz gehen knapp 7000 Personen einer Arbeit im Wald nach. Die Forstbetriebe stellen rund zwei Drittel der Arbeitsplätze zur Verfügung. Im Jahr 2011 entfielen auf die Forstbetriebe 3780 Vollzeitstellen, auf die Forstunternehmen 1845 (BFS 2013a). In der Waldwirtschaft finden seit 2000 grosse Strukturveränderungen statt, die unter anderem zu einer Zusammenlegung von Forstbetrieben führen. So verringerte sich die Anzahl der Forstbetriebe zwischen 2004 und 2012 um insgesamt 593, von 3040 im Jahr 2004 auf 2447 im Jahr 2012 (BFS 2013a).

In der Holzwirtschaft gab es 2011 etwas mehr als 15 300 Betriebe, die über 90 000 Personen beschäftigten. Es sind meistens kleine und mittlere Unternehmen wie Schreinereien, Sägereien und Zimmereien. Durchschnittlich beschäftigt ein Betrieb 6 Mitarbeitende. Eine Strukturbereinigung in der stammholzverarbeitenden Industrie (v. a. Sägereien) führte zu einer Abnahme der Anzahl Betriebe, und die Anzahl Säge-

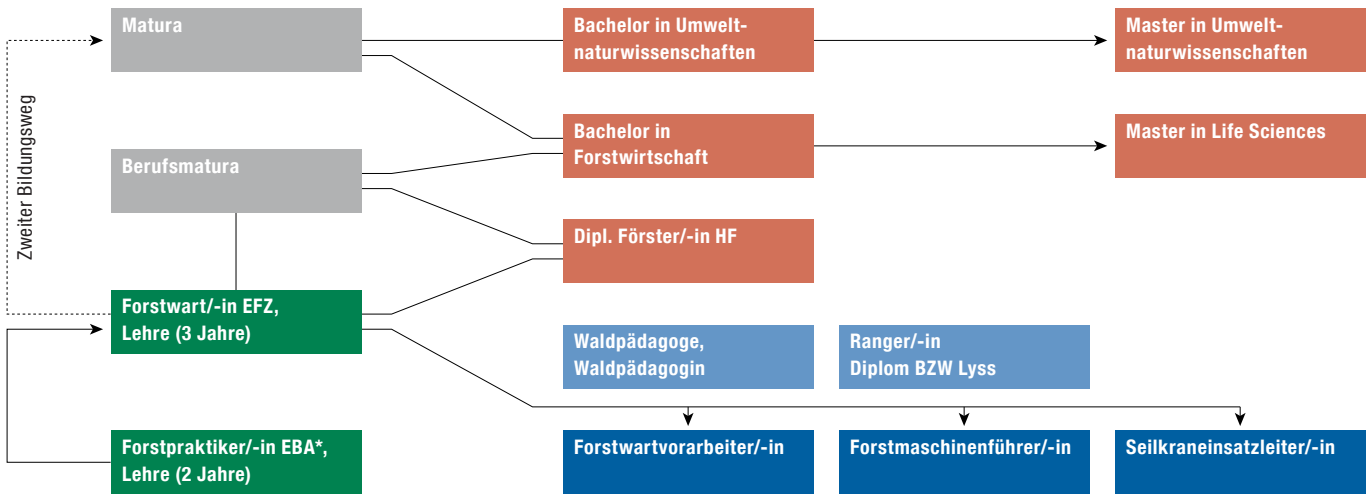


Abb. 6.5.1 *Übersicht über die beruflichen Laufbahnen in den Forstberufen. *EBA: Eidgenössisches Berufsattest. Quelle: CODOC – Koordination und Dokumentation Bildung Wald*

werke verringerte sich von 494 im Jahr 2002 auf 303 im Jahr 2012 (BFS 2013b).

Berufe im Wald

In der Waldwirtschaft beginnt die Berufsbildung in der Regel mit einer 3-jährigen Berufslehre zum Forstwart oder zur Forstwartin mit eidgenössischem Fähigkeitsausweis (EFZ). Die Forstwarte und Forstwartinnen führen die praktischen Arbeiten im Wald aus; ihnen stehen zahlreiche Weiterbildungen offen, die sie für spezialisierte Arbeiten qualifizieren (Abb. 6.5.1). So können sie sich zum Forstwartvorarbeiter oder zur Forstwartvorarbeiterin ausbilden lassen, welche die Arbeiten im Wald organisieren. Auch auf der Stufe der Höheren Fachschule (HF) gibt es eine Weiterbildung. Diese wird von den forstlichen Bildungszentren in Maienfeld (GR) und Lyss (BE) angeboten und mit «Förster/-in HF» abgeschlossen. Forstwarte und Forstwartinnen mit Berufsmatura können sich an der HAFL zum Forstingenieur oder zur Forstingenieurin FH ausbilden lassen. Dieser Lehrgang steht auch Personen offen, die eine andere Berufsbildung abgeschlossen oder die eidgenössische Matura erlangt und ein spezielles Vorstudienpraktikum absolviert haben. Die ETH Zürich bildet Umweltnaturwissenschaftler/-innen aus und bietet im Masterlehrgang eine Vertiefung in Wald- und Landschaftsmanagement an.

Auch heute noch ergreifen erst wenige Frauen einen Beruf im Wald: Im Jahr 2013 schlossen auf Stufe Berufsbildung nur gerade 2 Forstwartinnen ihre Ausbildung ab. Und Ende 2013 waren lediglich 9 von insgesamt 965 Lehrverträgen von Frauen unterzeichnet worden. Auf Stufe Hochschule haben 2012/13 nur 6 Frauen von total 32 Studierenden ein forstspezifisches Praktikum absolviert.

Obwohl die Anzahl Arbeitsplätze in der Waldwirtschaft sinkt, absolvieren jedes Jahr rund 300 Personen die Lehre als Forstwart/-in EFZ (Abb. 6.5.2). Im Durchschnitt schliessen pro Jahr weitere 30 Personen den Lehrgang Förster/-in HF ab, und 15 Personen lassen sich weiterbilden zu Forstwartvorarbeiter/-in, 5 zu Forstmaschinenführer/-in und einige wenige zu Seilkraneinsatzleiter/-in. An der ETH haben in den letzten Jahren zwischen 10 und 20 Personen pro Jahr den Master of Science ETH in Umweltnaturwissenschaften mit Vertiefung Wald und Landschaft erlangt. An der HAFL haben sich seit 2006 durchschnittlich 15 Personen zum Forstingenieur FH ausbilden lassen. Die vielseitige Aus- und Weiterbildung sorgt dafür, dass die Forstleute nicht nur im Wald eine Beschäftigung finden, sondern auch ausserhalb des Waldes gute Arbeitsmöglichkeiten haben. So stellen öffentliche Institutionen wie Gemeinden oder Ämter oft Forstleute an, welche neben den Waldarbeiten auch weitere Aufgaben übernehmen können.

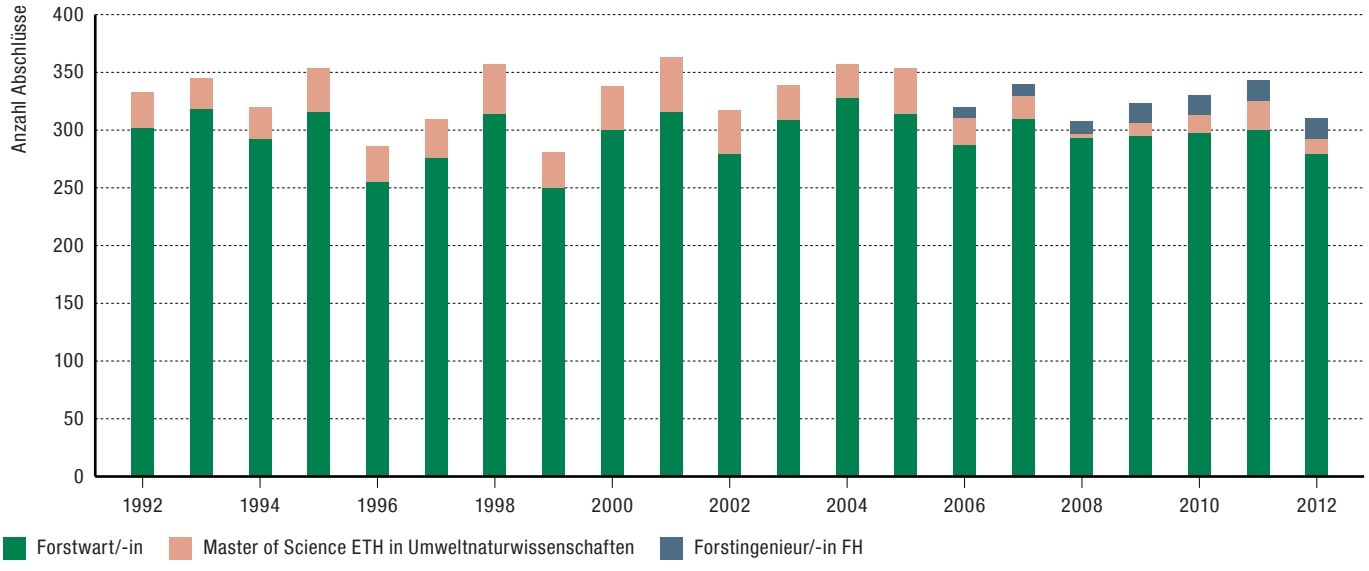


Abb. 6.5.2 *Anzahl der Berufsabschlüsse bei Forstingenieur/-in FH, Master of Science ETH in Umweltnaturwissenschaften mit Vertiefung Wald und Landschaft (bis 2007: Forstingenieur/-in ETH) und Forstwart/-in EFZ. Quelle: BAFU 2013a*

6.6 Unfälle bei der Waldarbeit

Philipp Ritter

> *Forstbetriebe tragen eines der höchsten Risiken für schwere Unfälle am Arbeitsplatz.*
> *Im Jahresdurchschnitt verunfallt fast jede dritte im Wald beschäftigte Person bei der Arbeit.*
> *Im Vergleich zur geernteten Menge Holz ereignen sich im Privatwald 4-mal mehr Todesfälle als in Forstbetrieben.*
> *Im Vergleich mit dem Waldbericht 2005 konnte die Häufigkeit von Berufsunfällen bei der Waldarbeit gesenkt werden; die Todesfallhäufigkeit ist dabei jedoch gestiegen.*
> *Mit der nationalen Kampagne «Vision 250 Leben» soll das Todesfallrisiko am Arbeitsplatz halbiert werden.*

Berufsunfälle in Forstbetrieben

Im Jahr 2012 verunfallten 299 von 1000 in Forstbetrieben beschäftigte Personen bei ihrer beruflichen Tätigkeit (Abb. 6.6.1). Damit sank die Unfallhäufigkeit seit 2003 um 11,8 Prozent. Im gleichen Zeitraum blieben Unfälle mit Taggeld aufgrund einer Arbeitsunfähigkeit über 3 Tage konstant. Bei Unfällen, welche zu Invalidität führten, konnte eine Verbesserung erzielt werden: Zwischen 2003 und 2008 ereigneten sich im Durchschnitt jährlich 14 Unfälle mit Invalidität, seit 2008 waren es noch deren 8 Invaliditätsfälle pro Jahr. Keine Verbesserung konnte leider bei den tödlichen Unfällen erreicht werden: Allein im Jahr 2012 verunglückten 6 Personen tödlich, und seit 2003 starben 46 Forstarbeiter bei ihrer beruflichen Tätigkeit (Abb. 6.6.2).

Bis ins Jahr 2020 soll mit einer landesweiten Kampagne die Anzahl tödlicher Berufsunfälle halbiert werden. Für Forstbetriebe ist dies ein anspruchsvolles Ziel, denn Waldarbeit gehört zu den gefährlichsten beruflichen Tätigkeiten der Schweiz (Abb. 6.6.3). Jede Person, die im Wald arbeitet, weiss, wie schnell es gefährlich werden kann. Dort setzt auch die Suva-Kampagne «Vision 250 Leben» an: Sie erinnert regelmässig daran, dass Arbeitnehmende und Arbeitgeber das Recht und die Pflicht haben, bei Gefahr die Arbeit zu unterbrechen. Teil dieser Kampagne sind die «Zehn lebenswichtigen Regeln für die Waldarbeit», welche seit 2012 allen Forstwartlernenden in den überbetrieblichen Kursen vermittelt werden. Durch das Einhalten dieser Regeln können sich Lernende vor schweren Unfällen schützen.

Nicht nur Lernende können schwer verunfallen, sondern auch gelernte und erfahrene Fachleute verunglücken trotz ihrer Routine. Unfälle bei der Waldarbeit lassen sich vermeiden, wenn Arbeitgeber und Vorgesetzte regelmässig ihre Arbeitnehmenden anweisen. Instruktionshilfen hierfür können kostenlos bei der Suva bezogen werden.

«Vertraue, aber prüfe nach» – dieses Sprichwort gilt auch für die Arbeitssicherheit. Arbeitgeber haben die Pflicht, dafür zu sorgen, dass Schutzmassnahmen im Arbeitsalltag umgesetzt werden. Dazu sind an den Arbeitsplätzen Kontrollen durch die Arbeitgeber und Vorgesetzten erforderlich.

Auch die Suva führt jährlich über 200 Kontrollen in Forstbetrieben durch, bei denen sie unter anderem prüft, ob die «lebenswichtigen Regeln» eingehalten werden. Dies erfolgt im Rahmen ihres gesetzlichen Auftrags, die Anwendung der Vorschriften zur Arbeitssicherheit zu überprüfen.

Forstleute können nicht nur verunfallen, sondern auch krank werden: Zwischen 2003 und 2012 waren jährlich durchschnittlich 20 Personen von einer Berufskrankheit betroffen

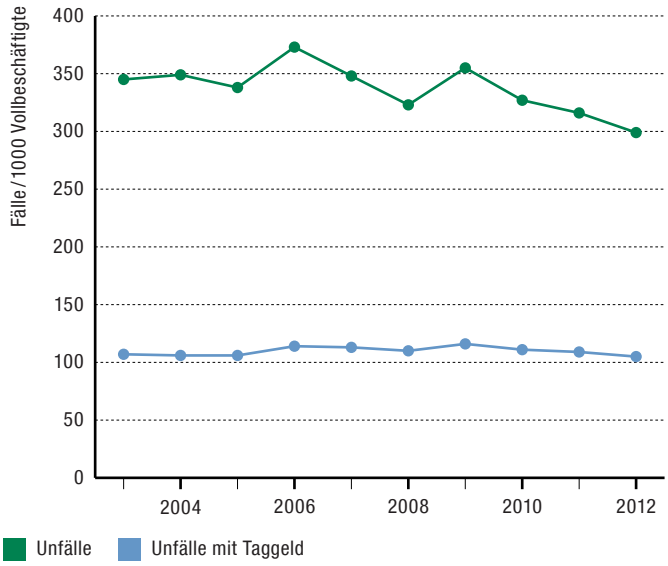


Abb. 6.6.1 *Berufsunfälle und -krankheiten (Fälle pro 1000 Vollbeschäftigte) in Forstbetrieben. Quelle: Suva*

(Abb. 6.6.2). Die Hälfte davon erlitt eine erhebliche Schädigung des Gehörs, was auch einen Grossteil der Kosten verursachte. Ein weiteres Viertel erkrankte am Bewegungsapparat. Die übrigen Berufskrankheiten betrafen Schädigungen an Auge und Haut sowie am Atmungssystem oder waren Infektionen.

Unfälle und Berufskrankheiten sind mit erheblichen Folgekosten verbunden. Alle bei der Suva versicherten Betriebe werden in Klassen gruppiert. Diese sind finanziell selbsttragend: In den einzelnen Klassen müssen die anfallenden Kosten durch die Prämien gedeckt sein. In Klassen mit hohen Kosten ist die Prämie deshalb höher als in Klassen mit geringen Kosten. Im Jahr 2012 betrug die durchschnittliche Nettoprämie eines Versicherten in einem Forstbetrieb 2595 Franken pro Jahr, dies entspricht 3,74 Prozent des versicherten Verdienstes. Zum Vergleich: Die durchschnittliche Nettoprämie der Suva beträgt rund 1 Prozent des versicherten Verdienstes und ist damit deutlich tiefer als die der Forstbetriebe.

Unfälle im Privatwald

Knapp 30 Prozent der Schweizer Waldfläche sind Privatwald (Kap. 6.1). Die meisten privaten Waldbesitzer sind Landwirte, die ihren Wald oft selbst bewirtschaften. Ihre Unfälle werden nicht in einer einheitlichen Statistik erfasst, weil sie nicht bei der Suva versichert sind.

Bei Holzerntearbeiten durch private Waldeigentümer ereignen sich alljährlich zahlreiche Unfälle, zum Teil sogar tödliche. Im Vergleich zur geernteten Menge Holz ereignen sich im Privatwald nach Schätzung des BAFU 4-mal mehr tödliche Unfälle als bei Forstbetrieben. Die meisten Unfälle sind auf Unkenntnis, mangelnde Erfahrung oder zu wenig Übung zurückzuführen. So verfügen die Mehrzahl der verunfallten Personen über keine forstliche Berufsausbildung, sondern arbeiten in ihrer Freizeit oder im Nebenerwerb im Wald. Eine Arbeitsgruppe im Auftrag des Bundesrates hat deshalb Massnahmen erarbeitet, um die Sicherheit der im Privatwald arbeitenden Personen zu verbessern. Diese sollen mit Kursen dazu befähigt werden, Waldarbeiten sicher durchzuführen. Das ganze Kursangebot ist auf der Website *www.holzerkurse.ch* zu finden. Dort können auch Publikationen bestellt werden, um das Kursangebot einem grossen Kreis von Waldeigentümern bekannt zu machen.

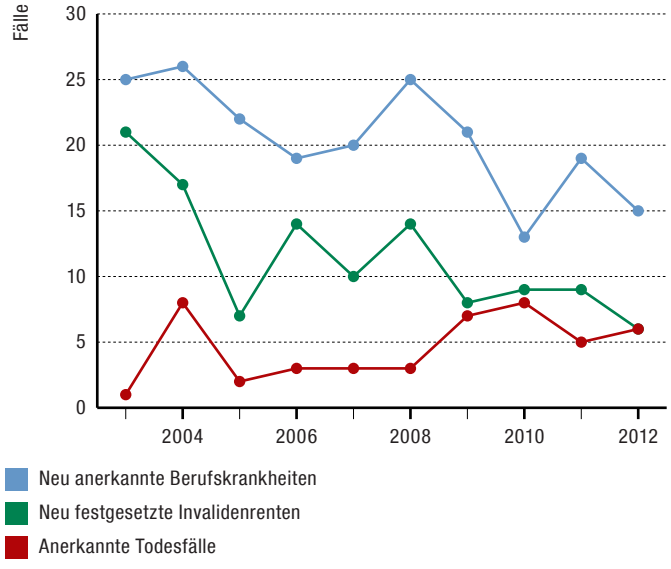


Abb. 6.6.2 *Anzahl Invalidenrenten, Todesfälle und Berufskrankheiten in Forstbetrieben pro Jahr. Quelle: Suva*

Abb. 6.6.3 *Die manuelle Holzernte mit Motorsägen gehört zu den gefährlichsten beruflichen Tätigkeiten in der Schweiz. Foto: Suva*

6.7 Holzendverbrauch

Ulrike Krafft

> *In der Schweiz wurden im Jahr 2009 insgesamt 9,6 Millionen Kubikmeter Holz verbraucht.*
> *52 Prozent des Holzes werden für Holzprodukte sowie für Papier- und Kartonprodukte eingesetzt, 45 Prozent werden energetisch genutzt.*
> *Das Bauwesen trägt am meisten zum Anstieg bei den Holzprodukten bei: Der Einsatz von Holz nimmt sowohl bei Neubauten als auch bei Umbauten und Renovationen seit einigen Jahren stetig zu.*

Verbrauch

In der Schweiz wurden im Jahr 2009 insgesamt 9,6 Millionen Kubikmeter (Mio. m^3) Holz verbraucht und 9,9 Mio. m^3 holzbasierte Rohstoffe produziert (Neubauer-Letsch et al. 2012). Der gesamte Holzverbrauch könnte demnach theoretisch durch im Inland produzierte Rohstoffe gedeckt werden. Tatsächlich werden aber erhebliche Mengen Holz exportiert und fertig verarbeitete Holzprodukte importiert (Kap. 6.8).

Wofür wird in der Schweiz das Holz hauptsächlich verwendet? Im Jahr 2009 wurden 52 Prozent stofflich und 45 Prozent energetisch eingesetzt, die restlichen 3 Prozent für andere Zwecke, beispielsweise im Gartenbau (Tab. 6.7.1).

Eine Erhebung aus dem Jahr 2009 erfasst den spezifischen Verbrauch von Endprodukten aus Holz in der Schweiz (Neubauer-Letsch et al. 2012). Beim Holzendverbrauch handelt es sich um das Marktvolumen der Holzprodukte, die nicht mehr weiterverarbeitet werden. Die Verwendung für energetische Zwecke und für die Herstellung von Papier und Karton wurde dabei nicht erhoben. Die Studie zeigt, dass Holz hauptsächlich im Bauwesen zum Einsatz kam, daneben im Aussenbereich, für Möbel und Innenausbau sowie für Verpackung und Holzwaren (Tab. 6.7.2). Seit der letzten Erhebung im Jahr 2001 stieg der Verbrauch von Holzprodukten in der Schweiz um rund 10 Prozent auf 2,77 Mio. m^3.

Verwendung

Im Jahr 2009 wurden 1,25 Mio. m^3 Holz im Bereich Bauwesen eingesetzt, was 45 Prozent des gesamten Verbrauchs entsprach. Die grössten Mengen wurden für den Neubau sowie den An- und Umbau von Einfamilienhäusern verwendet, gefolgt von Gewerbebauten, Bauhilfsstoffen und Mehrfamilienhäusern (Abb. 6.7.1). Die Zahlen für das Jahr 2012 zeigen, dass der Holzanteil in Schweizer Bauten weiter zugenommen hat: So liegt der Holzanteil bei neu erstellten Einfamilienhäusern mittlerweile bei 14,2 Prozent und bei Mehrfamilienhäusern bei 6,5 Prozent. Bei An- und Umbauten ist der Anteil noch höher: 31,4 Prozent bei Einfamilienhäusern und 30,2 Prozent bei Mehrfamilienhäusern. Die absolute Holzmenge, die für den Neubau von Mehrfamilienhäusern gebraucht wird, ist inzwischen höher als die Holzmenge für den Neubau von Einfamilienhäusern.

Ein wichtiger Grund für den Anstieg des Holzverbrauchs im Bauwesen ist die grosse Bautätigkeit der letzten Jahre. Aber auch staatliche Massnahmen zur Holzförderung zeigen ihre Wirkung: Im Jahr 2005 wurden neue Brandschutzvorschriften für Mehrfamilienhäuser eingeführt. Die Entwicklung dieser Vorschriften wurde vom BAFU im Rahmen des Programms «holz 21» finanziell unterstützt. Die Vorschriften haben den Markt für Holz in diesem Bereich erst geöffnet, und seither sind 1500 Mehrfamilienhäuser mit Holztragwerk entstanden.

In der Schweiz trägt der Gebäudebereich erheblich zu den umwelt- und klimaschädlichen Schadstoffemissionen bei und verbraucht beträchtliche Ressourcen: Rund 45 Prozent der Energie wird für die Gebäudeerstellung, das Heizen und Kühlen sowie die Warmwasseraufbereitung gebraucht. Bauweisen, welche die Ressourcen schonen, haben daher eine grosse Bedeutung. Holz ist ressourcenschonend, da es erneuerbar und klimaneutral ist und in vielfältiger Weise energieintensive Materialien ersetzen kann. Wird Holz aus Schweizer Wäldern verwendet, fallen zudem keine langen Transportwege an, Arbeitsplätze in der Region werden gesichert, und es wird eine nachhaltige Bewirtschaftung der Schweizer Wälder unterstützt. Mit dem Herkunftszeichen Schweizer Holz (HSH) wie auch mit der BAFU-Kampagne «Stolz auf Schweizer Holz» (2011–2013) soll die Bevölkerung für den Einsatz von Produkten aus einheimischem Holz sensibilisiert werden.

Der Gebrauch von Holz im Aussenbereich für Terrassen, Gartenhäuser und Aussenanlagen ist beliebt: Im Jahr 2009 kamen dafür 72 000 m^3 Holz zum Einsatz. Die Markt-

Tab. 6.7.1
Holzendverbrauch im Jahr 2009 nach Verwendungszwecken. Quelle: Neubauer-Letsch et al. 2012*

Verwendung	m³	%
Holzprodukte	2 392 000	25
Papier- und Kartonprodukte, Druckerzeugnisse	2 610 000	27
Energetische Verwendung	4 294 000	45
Andere Verwendung, Verluste	339 000	3
Total Holz und Holzprodukte	**9 635 000**	**100**

Tab. 6.7.2
Verbrauch von Holzprodukten nach Einsatzgebiet für das Jahr 2009. Quelle: Neubauer-Letsch et al. 2012*

Einsatzgebiete nach Verwendung	m³	%
Bauwesen	1 245 600	45,0
Holz im Aussenbereich	72 000	2,6
Möbel und Innenausbau	862 200	31,1
Verpackung	424 900	15,3
Holzwaren	165 600	6,0
Holzendverbrauch	**2 770 300**	**100**

**Die Differenz zwischen dem Holzendverbrauch in Tab. 6.7.1 und Tab. 6.7.2 (2 392 000 m³ bzw. 2 770 000 m³) ergibt sich aufgrund unterschiedlicher Erhebungsmethoden.*

entwicklung ist auch in diesem Bereich weiterhin dynamisch. Der Vertrieb erfolgt insbesondere über Do-it-yourself-Märkte. Für Möbel und im Innenausbau wurden 0,86 Mio. m³ Holz eingesetzt, was 31 Prozent des Holzendverbrauchs entspricht. Über die Hälfte davon wurde für Möbel in Privathaushalten und Unternehmen verwendet – für Kinderzimmer über Konferenzräume bis zu Hoteleinrichtungen. Ein erheblicher Anteil der Möbel wurde jedoch importiert. Im Bereich Innenausbau spielen die Umbauten und Renovationen von öffentlichen Gebäuden und Gewerbebauten eine grosse Rolle.

Holz ist ein wichtiger Rohstoff für Verpackungen. Insgesamt wurden dafür 0,42 Mio. m³ Holz verarbeitet, am meisten für Paletten und Kisten. Die Marktentwicklung im Verpackungsbereich wird stark von der Wirtschaftslage beeinflusst. So waren die dafür eingesetzten Holzmengen im Jahr 2009 geringer als diejenigen der Vorjahre, weil die Wirtschaftslage schlecht war. Im Bereich Holzwaren wurden aus rund 0,17 Mio. m³ Holz sehr unterschiedliche Produkte erstellt – von Küchenutensilien bis zu Dekorationsgegenständen. In diesem Bereich wird viel Ware importiert und exportiert, und das auf internationaler Ebene.

Abb. 6.7.1 *Mehrfamilienhaus Kirchrainweg in Kriens (LU). Der Holzbau aus Luzerner Weisstanne wurde mit dem Energiepreis Watt d'Or ausgezeichnet. Foto: Gabriel Ammon, AURA*

6.8 Aussenhandel mit Holz und Holzprodukten

Tatiana Pasi

> *Die Schweiz führt etwa die gleichen Mengen Holz und Produkte aus Holz ein, wie sie ausführt. Wertmässig wird jedoch bedeutend mehr importiert als exportiert.*

> *Holz und Holzprodukte machten im Jahr 2012 wertmässig 3,4 Prozent der gesamten Warenimporte und 1,2 Prozent der Warenexporte aus.*

> *Das Volumen des Holzaussenhandels der Schweiz stieg seit 1995 an und erreichte im Jahr 2006 einen Höhepunkt.*

> *Die wichtigsten Handelspartner der Schweiz für Holz und Holzprodukte sind Länder der Europäischen Union: Über 90 Prozent der Schweizer Ein- und Ausfuhren kommen aus EU-Ländern beziehungsweise gehen in die EU.*

Holzaussenhandel

Gemessen am gesamten Aussenhandel der Schweiz ist der wertmässige Anteil der Ein- und Ausfuhren von Holz und Holzprodukten gering und sinkt seit Beginn der 1990er-Jahre sowohl bei den Ein- als auch bei den Ausfuhren.

Zwischen dem Handel mit Rohholz und dem mit Holzprodukten gibt es grosse Unterschiede. Beim Rohholz erreicht der Wert der Importe rund zwei Drittel des Exportwerts. Bei den Holzprodukten verhält es sich umgekehrt: Der Wert der Importe ist um fast das Fünffache höher als derjenige der Exporte. In der Summe führt dies wertmässig zu einer negativen Aussenhandelsbilanz.

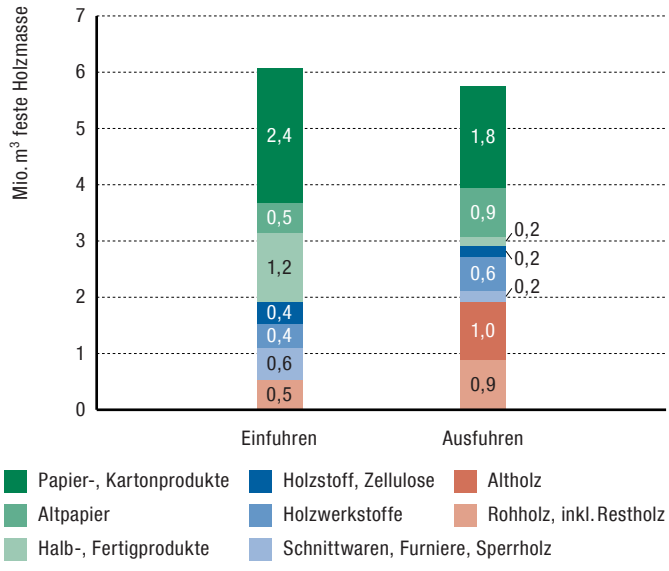


Abb. 6.8.1 *Ein- und Ausfuhren von Holz und Holzprodukten im Jahr 2012 (in Mio. m³ feste Holzmasse). Quelle: BFS und BAFU 2013*

Werden die Warenströme von Holz und Holzprodukten in «Kubikmetern feste Holzmasse» angegeben, zeigt sich, dass die Mengen der Ein- und der Ausfuhren ungefähr gleich sind. Zwischen 2008 und 2012 importierte die Schweiz durchschnittlich 6,4 Millionen Kubikmeter (Mio. m³) und exportierte 6,2 Mio. m³. Am meisten Holz wird in Form von Papier- und Kartonprodukten eingeführt: Sie machen rund 40 Prozent der Importe aus. An zweiter Stelle stehen mit rund 20 Prozent die weiterverarbeiteten Produkte wie Halbfabrikate, Bau- und Packmaterialien, Möbel und vorgefertigte Holzgebäude. Ihr Anteil nimmt seit Beginn der 1990er-Jahre zu. Auch bei den Ausfuhren weisen mit 30 Prozent die Papier- und Kartonprodukte den grössten Anteil aus. Danach folgen mit 18 Prozent die Altholzexporte und mit je 15 Prozent die Ausfuhren von Rohholz und von Altpapier (Abb. 6.8.1). Beachtlich ist die Menge des ausgeführten Altholzes: rund 1 Mio. m³.

Rundholz, Stamm- und Schnittholz

Seit 1995 wurden durchschnittlich 1,3 Mio. m³ Rundholz pro Jahr aus dem Schweizer Wald ins Ausland verkauft; das entspricht knapp einem Viertel der gesamten Holzernte. Nach dem Orkan «Lothar» im Jahr 1999 stiegen die exportierten Mengen Rundholz schlagartig an und sanken danach wieder auf das Niveau vor dem Orkan (Abb. 6.8.2). Über 90 Prozent des Rundholzes wird als Stammholz exportiert und der Rest hauptsächlich als Industrieholz. Die Exportquote von Rundholz, das heisst das Verhältnis der Exporte zur Inlandnutzung, lag im Jahr 2012 bei 18 Prozent. Verglichen mit den Exporten sind die Importe gering: Seit 1995 wurden im Durchschnitt jährlich 270 000 m³ Rundholz importiert. Seit 2008 nehmen

die eingeführten Mengen ab. Im Jahr 2012 waren es noch 170 000 m³ pro Jahr. Die Hälfte davon wird als Stammholz eingeführt, das in den Sägereien eingeschnitten wird, die andere Hälfte als Industrieholz, das für die Produktion von Holzwerkstoffen und Papier gebraucht wird. Der Aussenhandel mit Energieholz ist unbedeutend. Ein wichtiger Grund dafür ist, dass die Logistikkosten hoch sind und das Energieholz deshalb meist regional beschafft wird. Der Handel von Rundholz erfolgt zu über 90 Prozent mit den Nachbarländern. Tropisches Rundholz wird immer weniger importiert: 2012 machte es weniger als 1 Prozent der gesamten Rundholzeinfuhren aus.

Die Handelsbewegungen von Stamm- und Schnittholz wurden stark vom bisher grössten Sägewerk der Schweiz im bündnerischen Domat-Ems (GR) geprägt: Im Jahr 2007 nahm es seinen Betrieb auf und stellte ihn bereits im Jahr 2010 wieder ein. Zusätzlich wirkt sich seit 2007 der im Vergleich zum Schweizer Franken schwache Euro – welcher Importe begünstigt und Exporte erschwert – auch auf den Handel mit Stamm- und Schnittholz aus.

Die Einfuhr von Stammholz stieg zwischen 2007 und 2010 an, sank danach aber wieder und lag im Jahr 2012 fast 40 Prozent unter dem Mittel der letzten 20 Jahre. Diese Entwicklung widerspiegelt den Rückgang der Inlandnachfrage nach Fichten/Tannen-Stammholz nach der Schliessung des Sägewerks in Domat-Ems. Die Exporte hingegen nahmen nach dem Orkan «Lothar» auf 1,7 Mio. m³ zu und gingen seither stetig zurück (Abb. 6.8.2).

Die Schnittholzproduktion liegt seit 2000 bei durchschnittlich 1,5 Mio. m³. Die Exportquote stieg zwischen 2002 und 2010 von 14 auf über 32 Prozent und sank bis ins Jahr 2012 wieder auf 18 Prozent. Der Anteil des Laubholzes sank zwischen Anfang der 1990er-Jahre und 2012 von 50 auf 7 Prozent. Abnehmer von Schweizer Schnittholz sind Italien, Frankreich und Deutschland. Die Einfuhr von Nadel-Schnittholz bewegt sich mit periodischen Schwankungen auf relativ hohem Niveau und betrug im Jahr 2012 knapp 400 000 m³ – doppelt so viel wie exportiert wurde. Leicht rückläufig sind dagegen die Importe an Laub-Schnittholz. Dieses stammt zunehmend aus osteuropäischen Ländern. Der Anteil an Tropenholz ist gering und betrug im Jahr 2012 4 Prozent.

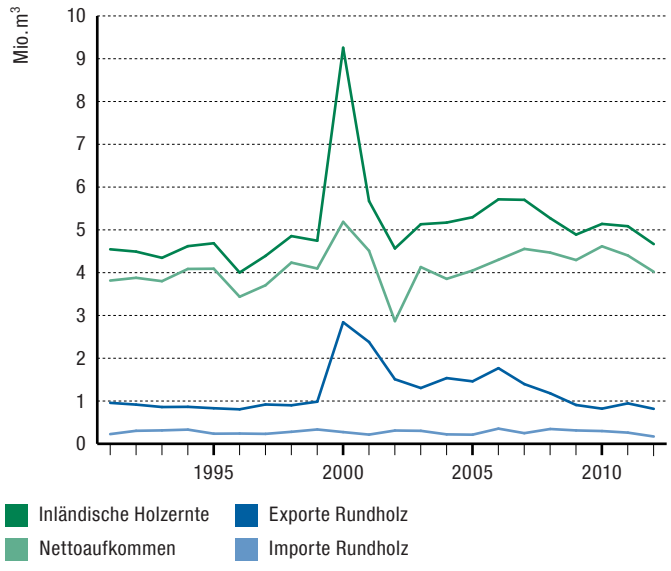


Abb. 6.8.2 *Rundholzbilanz zwischen 1991 und 2012 (in Mio. m³). Nettoaufkommen: inländische Holzernte zuzüglich Importe und abzüglich Exporte. Quelle: BFS und BAFU 2013*

Holzwerkstoffe und Papier

Im Jahr 2012 gab es in der Schweiz nur noch 4 Werke, die Industrieholz verarbeiten: je 1 Werk produziert Faserplatten beziehungsweise Spanplatten und 2 Werke stellen Papier her. 8 weitere Betriebe stellen Papierprodukte her. Sie verwenden dafür Zellstoff und keinen Holzstoff. Das letzte zellstoffproduzierende Werk stellte seinen Betrieb im Jahr 2008 ein; seither wird der gesamte Zellstoffbedarf mit Importen gedeckt.

Hierzulande gehen der Verbrauch, die Produktion sowie die Ein- und Ausfuhren von Papier und Karton zurück. Mengenmässig wird etwa gleich viel konsumiert, wie von den einheimischen Papierfabriken auf dem inländischen Markt abgesetzt wird. Die Schweiz exportiert 0,91 Millionen Tonnen Papier und Karton und importiert 0,82 Millionen Tonnen.

Die hiesige Span- und Faserplattenindustrie ist traditionell exportorientiert. Im Jahr 2007 wurden mit 800 000 m³ die grössten Mengen ausgeführt, danach sanken sie bis ins Jahr 2012 kontinuierlich auf 610 000 m³. Bis 2010 wurden durchschnittlich 80 Prozent der Produktion exportiert, im Jahr 2012 waren es nur noch 60 Prozent (Schätzungen BAFU).

6.9 Holzenergie

Oliver Thees und Claire-Lise Suter Thalmann

> *Holz ist derzeit nach der Wasserkraft die zweitwichtigste erneuerbare Energiequelle in der Schweiz.*
>
> *Im Jahr 2012 deckte Holz 4 Prozent des gesamten Schweizer Endenergieverbrauchs und rund 8 Prozent des Wärmebedarfs. Seit 2005 haben diese Anteile deutlich zugenommen.*
>
> *Der Beitrag von Holz zur gesamten Energieproduktion ist gering, und die Beschaffung ist vergleichsweise teuer. Daher ist eine besonders effiziente und wertschöpfende energetische Verwendung des Rohstoffes anzustreben.*

Nutzung der Holzenergie

Im Jahr 2011 beschlossen Bundesrat und Parlament den schrittweisen Ausstieg aus der Kernenergie, ein erster Schritt in Richtung Energiewende. Das Ziel ist, mittels Effizienzmassnahmen und erneuerbaren Energiequellen die Lücke der Kernenergie zu schliessen. Dieser politische Entscheid wurde durch die Natur- und Atomkraftwerkkatastrophe in Japan (Fukushima, März 2011) ausgelöst und hat seither zu einem höheren Stellenwert der Holzenergie geführt. Seit 2000 steigt die Nutzung von Holzenergie in der Schweiz stetig an. 2012 betrug ihr Anteil am gesamten Endverbrauch 4,2 Prozent; damit ist Holz hinter der Wasserkraft derzeit die zweitwichtigste erneuerbare Energiequelle. In Zukunft ist infolge der Energiewende mit einer höheren Nachfrage nach Holz und anderen erneuerbaren Energieträgern sowie mit einem grösseren Anteil der Holzenergie am Endverbrauch zu rechnen.

Holz kann zur Produktion von Wärme, Strom und Treibstoff eingesetzt werden. Im Jahr 2012 betrug in der Schweiz der geschätzte Holzverbrauch für energetische Zwecke 4,3 Mio. m^3 (Kap. 6.7). Damit wurden rund 8103 Gigawattstunden (GWh, 29,2 Petajoule) Nutzenergie erzeugt. Mit Holz wurde vor allem Wärme produziert, nämlich 7694 GWh (27,7 Petajoule) nutzbare Wärme. Zusätzlich entstanden in Spezialfeuerungen und Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen 410 GWh (1,5 Petajoule) Strom (Abb. 6.9.1). Die Wärmeerzeugung macht mit rund 95 Prozent den grössten Anteil der energetischen Holznutzung aus. Damit können rund 8 Prozent des gesamten Wärmebedarfs der Schweiz gedeckt werden. Die Bereitstellung des Energieholzes erfolgt in Form von Stückholz, Schnitzeln und Pellets. Seit 2005 stagniert die Nachfrage nach Stückholz, dafür ist die Nachfrage nach Schnitzeln und Pellets laufend gestiegen. Dank dieser Energieholzprodukte haben die automatischen Feuerungen zugelegt. Diese sind aus Sicht der Lufthygiene unbedenklicher, da sie unter anderem mit Luftfiltern ausgestattet sind und mit geringeren Energieverlusten arbeiten als die zahlreichen, meist kleinen manuell betriebenen Feuerungen.

Holz ist ein klimafreundlicher Energieträger, denn Bäume binden so viel CO_2, wie bei der Verbrennung ihres Holzes freigesetzt wird. Die CO_2-Bilanz verbessert sich, wenn fossile Energieträger durch Holz ersetzt werden (Kap. 1.4). Allerdings entstehen dabei höhere Emissionen von Feinstaub, Stickstoffoxiden (NO_x) und leichtflüchtigen organischen Verbindungen (VOC). Die Art der energetischen Holznutzung sowie eine umfassende Anlagenplanung erlauben es jedoch, negative Wirkungen zu minimieren und den Nutzen der Holzenergie für die Umwelt massgeblich zu optimieren.

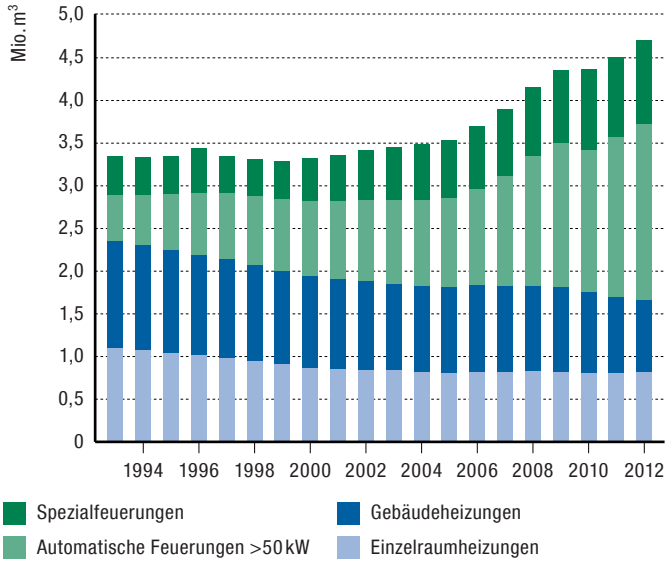


Abb. 6.9.1 *Gesamter Energieholzverbrauch in der Schweiz nach Feuerungstyp zwischen 1993 und 2012 (in Mio. m^3).*
Quelle: BFS und BAFU 2013

Holznutzungspotenziale

Die Herkunft des Holzes für die energetische Nutzung ist unterschiedlich. Zum Einsatz kommen Waldholz, Industrie-Restholz (Schwarten, Spreissel, Späne und Sägemehl), Flurholz und Altholz. Das Waldholz macht mit 60 Prozent den grössten Anteil aus. Dabei handelt es sich um verschiedene Kompartimente der Bäume: Schaftholz, Astholz, Reisig und Nadeln. Welches Holz letztendlich energetisch genutzt wird, entscheidet sich auf dem Holzmarkt. Hier wird auch die Kaskadennutzung festgelegt. Bei dieser wird das Waldholz zuerst stofflich verwendet, beispielsweise als Bau- und Möbelholz, und dann erst energetisch. Die Kaskadennutzung setzt die Ressource also mehrfach ein. Die stoffliche Nutzung bindet CO_2, die anschliessende energetische Nutzung ersetzt fossile Ressourcen und spart somit CO_2 ein. Aus Sicht einer optimalen Verwertung der Ressource Holz ist eine Kaskadennutzung erwünscht. Sie ist aber derzeit holzmarktbedingt nur schwer realisierbar, vor allem aufgrund der schwachen Nachfrage nach Buchenstammholz für die stoffliche Verwertung einerseits und der preislichen Attraktivität von Energieholz anderseits. So wurden seit 2009 vermehrt höherwertige Holzsortimente mangels Alternativen teilweise verfeuert oder gar nicht erst geerntet.

Heute werden schätzungsweise 2,0 bis 2,5 Mio. m^3 Holz pro Jahr als Waldenergieholz genutzt, was einem Anteil von rund 40 Prozent des jährlichen Holzeinschlags entspricht. Das nachhaltig nutzbare Energieholzpotenzial im Schweizer Wald hängt massgeblich davon ab, wie viel Holz insgesamt geschlagen wird – Energieholz ist oft ein Koppelprodukt – und wie sich die Lage auf dem Energieholzmarkt darstellt.

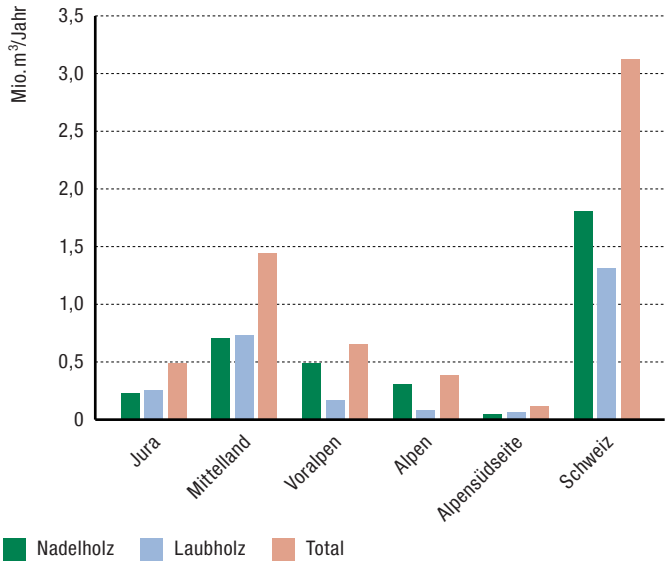


Abb. 6.9.2 *Potenziale von Waldenergieholz in der Schweiz und in den einzelnen Produktionsregionen bis ins Jahr 2026 beim Nutzungsszenario «wie bisher». Quelle: Thees et al. 2013*

Nach neuesten Schätzungen durch die WSL könnten im Durchschnitt verschiedener Nutzungsszenarien etwa 4,0 Mio. m^3 Waldenergieholz (Derbholz und Reisig mit Rinde) pro Jahr geerntet werden (Abb. 6.9.2; Thees et al. 2013). Das entspricht einer Energiemenge von etwa 12 500 GWh (45 Petajoule). Das BAFU geht in seiner Schätzung davon aus, dass sich rund 3,1 Mio. m^3 Waldenergieholz produzieren liessen (BAFU et al. 2014). In der Schweiz liegen die zusätzlich nutzbaren grossen Energieholzpotenziale in den Wäldern der Alpen und der Alpensüdseite. Dieses Holz befindet sich in steilem Gelände, und seine Nutzung ist aufwendig und entsprechend teuer (Kap. 5.2). Letztendlich ist das einheimische Waldholz limitiert. Der Beitrag von Holz und anderer Biomasse zur gesamten Energieproduktion ist heute eher gering und wird es auch in Zukunft bleiben. Um jedoch mit Holz einen maximalen Beitrag zur Energiewende zu leisten, ist das vorhandene Potenzial durch eine besonders effiziente und wertschöpfende Verwendung des Rohstoffes optimal auszuschöpfen. Einen Ansatz hierzu bildet der Trend zur vermehrten Wärme-Kraft-Kopplung.

6.10 Erholung im Wald

Marcel Hunziker, Eike von Lindern, Nicole Bauer, Jacqueline Frick

> *Der Wald ist ein beliebtes Freizeit- und Erholungsgebiet; dies hat sich seit dem Waldbericht 2005 nicht verändert.*
> *Die Waldbesucherinnen und -besucher schätzen dabei den Wald so, wie er ist, und erholen sich dort auch tatsächlich.*
> *Wie schon im Waldbericht 2005 festgestellt, kann die grosse Beliebtheit zum Problem werden. Besonders in Ballungsgebieten, wo viele Leute in den Wald gehen, fühlen sich Waldbesucherinnen und -besucher von anderen Erholungssuchenden gestört. Diese Problematik hat sich seit dem letzten Waldbericht von 2005 sogar verschärft.*
> *Konflikte zwischen Waldbesuchenden und zwischen Erholungsnutzung und Naturschutz lassen sich jedoch mit Lenkungs-, Informations- und Überzeugungsmassnahmen mindern.*

Motive für den Waldbesuch

Grundsätzlich dürfen alle den Schweizer Wald betreten – wann und wo immer sie es wollen. Dieses Recht ist im Schweizerischen Zivilgesetzbuch (ZGB) festgehalten. Da die Schweiz über grosse Waldflächen verfügt – besonders auch in der Nähe von Siedlungsgebieten –, ist Wald der wichtigste naturnahe Erholungsraum. Das spiegelt sich darin, wie oft er besucht wird. Eine Umfrage, welche die WSL zusammen mit dem BAFU im Jahr 2010 durchführte (vgl. Box), zeigt, dass dies häufig ist: Im Sommer besuchten die befragten Personen den Wald 1- bis 2-mal pro Woche, im Winter waren es noch 1- bis 2-mal pro Monat. Diese Werte blieben seit 1997, als die erste Umfrage durchgeführt wurde, etwa gleich (Abb. 6.10.1). Viele Menschen haben offenbar heute weniger Zeit für Waldbesuche als früher, dennoch gehen sie regelmässig in den Wald. Ein wichtiger Grund dafür ist, dass sie immer weniger Zeit aufwenden müssen, um in den Wald zu gelangen, weil die Siedlungsgebiete näher zu den Waldgrenzen rücken. Über 69 Prozent der Befragten erreichen ihn in weniger als 10 Minuten. Am liebsten und häufigsten gehen sie dabei zu Fuss.

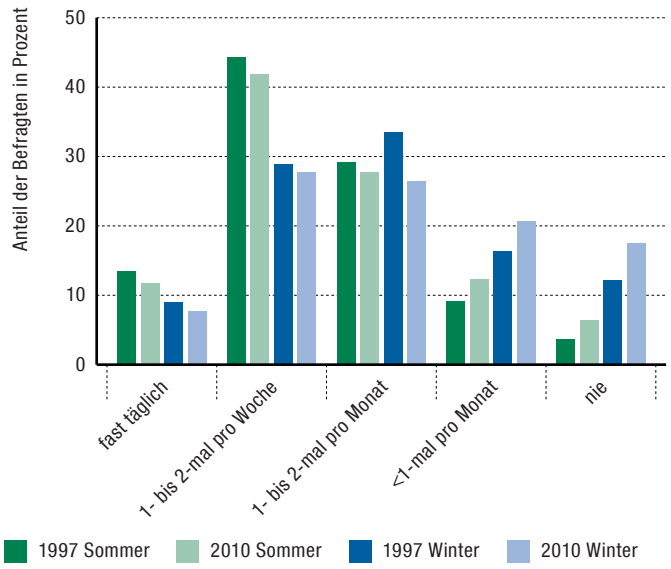


Abb. 6.10.1 *Die Häufigkeit der Waldbesuche in den Jahren 1997 (WaMos 1) und 2010 (WaMo 2). Quelle: Hunziker et al. 2012*

Was führt die Leute in den Wald? Am wichtigsten ist ihr Wunsch nach Naturerlebnis und nach gesunder Bewegung (Abb. 6.10.2). Entsprechend gestalten sie auch ihre Aktivitäten: Am liebsten spazieren oder wandern sie und treiben Sport, gefolgt von «einfach sein» und der Naturbeobachtung. Daran hat sich seit 1997 nichts verändert. Hingegen hat die Vielfalt an Aktivitätsformen, die von den Waldbesuchenden ausgeübt werden, zugenommen.

Was gefällt den Menschen am Wald? Hauptsächlich seine Vielfalt und dass er verschiedene Sinne anspricht. Wenn der Wald auch noch einen Bach oder einen Weiher aufweist, sind die ästhetischen Bedürfnisse der Menschen vollumfänglich befriedigt. Kaum ins Gewicht fällt aber die angebotene Infrastruktur, auch wenn sich manche die eine oder andere zusätzliche Sitzgelegenheit wünschen. Gewisse Infrastrukturen stossen gar auf Missfallen, so etwa Forststrassen, Biketrails und Seilparks. Bei Letzteren hängt das Urteil allerdings stark von den Nutzungsinteressen der befragten Personen ab. Natürliche Eigenschaften des Waldes werden positiv beurteilt;

Box: «Waldmonitoring soziokulturell» WaMos

«Waldmonitoring soziokulturell» ist eine periodisch stattfindende Befragung der Schweizer Bevölkerung zu ihrem Verhältnis zum Wald. Dieses wird umfassend untersucht – von den Umwelt-Werthaltungen über die Gewichtung der Waldfunktionen und Wahrnehmung der Waldflächenentwicklung und Waldgesundheit bis hin zum Holzkaufverhalten. Wichtige Aspekte sind die Erholung im Wald und die Waldpräferenzen. Erstmals wurde die Umfrage im Jahr 1997 durchgeführt (BUWAL 1999) und zum zweiten und bisher letzten Mal im Jahr 2010 (Hunziker et al. 2012; BAFU und WSL 2013).

anderseits wirken sich Monokulturen, Gestrüpp und ein hohes Totholzvorkommen negativ auf das Landschaftserlebnis aus.

Zufriedenheit und Konflikte

Die meisten Befragten sind mit ihrem Waldbesuch sehr zufrieden und fühlen sich danach erholter als zuvor. Dies ist weitgehend unabhängig von der Qualität des Waldes, und selbst Störungen ändern daran nichts. Allerdings fühlen sich die Waldbesucherinnen und -besucher heute eher gestört als früher: 1997 gaben 18 Prozent der Leute an, dass sie sich im Wald gestört fühlen, während es 2010 bereits 27 Prozent waren. Und sie gaben im Durchschnitt doppelt so viele Ursachen an wie früher. Verantwortlich dafür sind das Bevölkerungswachstum und das damit verbundene höhere Besucheraufkommen in siedlungsnahen Wäldern sowie die grössere Vielfalt an Waldaktivitäten. Vielleicht ist auch die Sensibilität der Menschen gegenüber Störungen gestiegen, insbesondere gegenüber neuen Aktivitäten wie dem Biken, denn viele der Befragten stellen deren Legitimität in Frage. Die wichtigsten Störungsquellen blieben zwischen 1997 und 2010 jedoch dieselben: Velofahren beziehungsweise Biken, Hunde und Lärm. Andere Störungen sind im Vergleich dazu vernachlässigbar, und selbst Einschränkungen, welche durch die Holznutzung entstehen, werden nicht als störend empfunden.

Konflikte treten nicht nur zwischen Erholungssuchenden auf, sondern auch zwischen Waldbesuchenden und der Natur (Baur 2003). Insbesondere Wildtiere werden von den vielen Waldbesucherinnen und -besuchern gestört. Deshalb werden von verschiedenen Institutionen Massnahmen entwickelt und umgesetzt, welche die Waldbesuchenden lenken sollen. Ein Beispiel dafür ist die Kampagne «Respektiere deine Grenzen» des BAFU und des Schweizer Alpen-Clubs SAC. Die Lenkungsmassnahmen – und die damit verbundene Information – überzeugen die Besucherinnen und Besucher von der Wichtigkeit, auf Wildtiere Rücksicht zu nehmen und das eigene Verhalten entsprechend anzupassen (Immoos und Hunziker 2014). Dasselbe gilt auch für Lenkungsmassnahmen, die Konflikte zwischen Erholungsformen entschärfen sollen: Die gegenseitige Toleranz kann durch die räumliche Trennung der Infrastrukturen sowie mit Information und Überzeugung deutlich erhöht werden (Freuler 2008; Hunziker et al. 2011).

Massnahmen zur Besucherlenkung sind somit wichtig, um den freien Zugang zum Wald sowie die Erholung im Wald mit den anderen Waldfunktionen in Einklang zu bringen. Die Besucherlenkung muss allerdings mit gesundem Augenmass erfolgen, damit sie das bestehende Recht auf freien Waldzugang nicht einschränkt. Am meisten Erfolg hat dabei die Stärkung der Haltung der Leute, dass nicht nur die eigene Freiheit zählt, sondern auch die der anderen.

a) Etwas für die Gesundheit tun
b) Sportlich aktiv sein
c) Allein sein
d) Zeit mit Familie/Freunden verbringen
e) Spass, Freude & Fun
f) Natur erleben
g) Gute Luft geniessen
h) Raus aus dem Alltag

Abb. 6.10.2 *Die wichtigsten Motive für Waldbesuche im Jahr 2010. Quelle: Hunziker et al. 2012*

6.11 Wald und Kulturerbe

Sandra Limacher

> *Das Kulturerbe in der Schweiz ist reich und auf vielerlei Weise eng mit dem Wald verbunden.*
> *Das immaterielle Kulturerbe beinhaltet lebendige, über Generationen weitergegebene Traditionen, Bräuche und Praktiken, die für das kulturelle Selbstverständnis anerkannt sind. Im Jahr 2012 hat das Bundesamt für Kultur eine erste Liste dieser «Lebendigen Traditionen in der Schweiz» veröffentlicht.*
> *Das materielle Kulturerbe beinhaltet die vom Menschen geschaffenen Kulturgüter wie prähistorische Grabstätten oder kulturhistorisch bedeutsame Verkehrswege im Wald.*
> *Während der Waldbericht 2005 ausschliesslich das historische und archäologische Kulturgut im Wald sowie die traditionellen Waldbewirtschaftungsformen beschrieben hat, schliesst das vorliegende Kapitel das immaterielle Kulturerbe mit ein. Den Entwicklungen seit Inkrafttreten des Unesco-Übereinkommens zur Bewahrung des immateriellen Kulturerbes wird damit Rechnung getragen.*
> *Das allgemeine Wissen zum bestehenden waldrelevanten Kulturerbe in der Schweiz nimmt zu, ist jedoch weiterhin lückenhaft. Eine Gesamtübersicht fehlt.*

Immaterielles Kulturerbe

Die Schweiz verfügt über eine beträchtliche Vielfalt an immateriellem Kulturerbe mit Bezug zum Wald. Dazu gehören mündlich überlieferte Traditionen und Ausdrucksweisen, darstellende Künste, gesellschaftliche Praktiken, Rituale und Feste, Wissen und Praktiken im Umgang mit der Natur und dem Universum oder das Fachwissen über traditionelle Handwerkstechniken (Tab. 6.11.1). Dies alles sind gelebte Traditionen und Eigenheiten, die lokal und regional zu einem Gefühl von kultureller Identität und Kontinuität beitragen. Beispiele dafür sind die sogenannten Geteilschaften für die Nutzungsregelung von gemeinsamen Waldgütern im Kanton Wallis, das Köhlern im Entlebuch im Kanton Luzern und die Schindelmacherei insbesondere in den Kantonen Freiburg und Waadt. Für lokale Gemeinschaften besonders wichtig sind die Brauchrituale wie das Woldmanndli im Kanton Uri, der Pfingstblitter und Maibaum in den Kantonen Aargau und Baselland oder das Scheibenschlagen im bündnerischen Untervaz. Beim Silvesterchlausen – einem alten Winterbrauch im ausserrhodischen Appenzell – sind die Waldkläuse (im Volksmund auch «die Schö-Wüeschte» genannt) von Kopf bis Fuss mit Tannenzweigen, Moos, Flechten oder Tannenzapfenschuppen eingehüllt, während sie von Bauernhof zu Bauernhof ziehen, rhythmisch ihre Schellen bewegen, «Zäuerli» (überlieferte Naturjodel) singen und gute Wünsche für das neue Jahr überbringen (Abb. 6.11.1). Das alte Handwerk Flössen war europaweit die übliche Methode, um geschlagenes Holz zu transportieren. Heute wird es in der Schweiz nur noch auf dem Ägerisee (ZG) praktiziert. Bis zu 400 in einem unerschlossenen steilen Bergwald geschlagene Bäume werden jeweils im Ägerisee zu einem tonnenschweren Floss zusammengefügt und über den Seeweg geflösst.

Diese Beispiele und viele mehr sind auf der Liste «Die lebendigen Traditionen in der Schweiz» aufgeführt, welche unter der Leitung des Bundesamtes für Kultur (BAK) und in Zusammenarbeit mit den kantonalen Kulturstellen und der Schweizerischen Unesco-Kommission erstellt und im Jahr 2012 erstmals veröffentlicht wurde (BAK 2012). Die Liste umfasst gegenwärtig 167 Einträge; 11 davon haben einen direkten Bezug zu Wald oder Holz. Eine periodische Aktualisierung ist geplant. Anstoss zur Liste gab das Übereinkommen der Unesco zur Bewahrung des immateriellen Kulturerbes, welches die Schweiz im Jahr 2008 ratifiziert hat. Die Konvention bezweckt keine Musealisierung von Einzelelementen, sondern die Sicherung der Lebensfähigkeit des immateriellen Kulturerbes in seinem wandlungsfähigen und dynamischen Charakter.

Parallel zur Liste der lebendigen Traditionen tragen Projekt- und Forschungsarbeiten dazu bei, dass weitere Aspekte des immateriellen Kulturerbes erhalten beziehungsweise vor dem Vergessen behütet werden. Dazu zählen Projekte wie dasjenige mit dem Titel «Hüeterbueb und Heitisträhl», das die mannigfache Weise der Waldnutzung zwischen 1800 und 2000 dokumentiert (Stuber und Bürgi 2011). Traditionelles Wissen – unter anderem über das Sammeln von Laub und Tannennadeln als Einstreu für den Stall, das Schlagen von

Tab. 6.11.1
Die beiden Kategorien für Kulturerbe.
Quelle: Unesco (SR 0.440.6, Art. 2, SR 0.520.3 Art. 1)

Immaterielles Kulturerbe	Materielles Kulturerbe
Mündlich überlieferte Traditionen und Ausdrucksweisen	Unbewegliche Kulturgüter wie Denkmäler oder archäologische Stätten
Darstellende Künste	Bewegliche Kulturgüter wie Gemälde, Skulpturen oder Münzen
Gesellschaftliche Praktiken, Rituale und Feste	
Wissen und Praktiken im Umgang mit der Natur und dem Universum	
Fachwissen über traditionelle Handwerkstechniken	

Ästen von den Bäumen als Futter oder die Gewinnung von Harz zur Herstellung von Salben – konnte durch die Befragung von Zeitzeugen in einzelnen Regionen festgehalten werden. Andere Projektbeispiele sind die Inventarisierung von Namen von Wäldern (z. B. Gregori et al. 2005), die Dokumentation und Pflege von Sagen und Märchen mit Wald als prägendem Element (z. B. Domont und Montelle 2008) oder die Inventarisierung traditioneller Waldbewirtschaftungsformen wie Niederwälder, Mittelwälder, Selven und Waldweiden (Brändli 2010b).

Wie lange und wie gut das immaterielle Kulturerbe lebendig gehalten werden kann, hängt davon ab, wie lange die Wissensträgerinnen und -träger die Traditionen weiter praktizieren, darin einen Sinn sehen und ihr Wissen an jüngere Personen weitergeben. Kompetenzzentren für Volkskultur – zum Beispiel das Freilichtmuseum Ballenberg – helfen mit, das traditionelle Handwerk zu bewahren und zu fördern.

Abb. 6.11.1 *Silvesterchlausen in Urnäsch (AR) 2012; im Volksmund werden die Waldkläuse auch «die Schö-Wüeschte» genannt. Foto: Sandra Limacher*

Materielles Kulturerbe

Das materielle Kulturerbe besteht aus unbeweglichen und beweglichen Kulturgütern mit Bezug zum Wald, die vom Menschen erschaffen wurden (Tab. 6.11.1). Sie sind fassbare Zeugnisse von Kultur und Geschichte und in der Kulturlandschaft sichtbar.

Der Schutz der Kulturgüter ist eine nationale Pflicht, welche die Schweiz 1962 mit der Ratifizierung des Haager Abkommens übernommen hat. Das schweizerische Inventar der Kulturgüter von nationaler und regionaler Bedeutung wurde in den Jahren 2000 bis 2008 revidiert (BABS 2009). In seiner vorliegenden dritten Version enthält das Inventar 3202 Objekte von nationaler Bedeutung. Erfasst sind unter anderem Denkmäler sowie historische und archäologische Stätten. Der Wald ist stiller Bewahrer von rund 100 dieser Objekte. Dazu zählen die prähistorischen Grabhügel im Chlosterwald (Jolimont, BE) und im Aeschertenwald der Gemeinde Grossaffoltern (BE) sowie die Waldfriedhöfe von Davos (GR) und Schaffhausen (SH).

Eine Übersicht über die sogenannten beweglichen Kulturgüter in Sammlungen in der Schweiz mit Bezug zum Wald fehlt – dies, obwohl der Wald seit jeher Kunstschaffenden wie Bildhauerinnen, Kunstmaler, Dichterinnen oder Komponisten als wichtige Quelle der Inspiration diente oder teilweise das zu bearbeitende Material lieferte.

Ebenfalls von kulturhistorischer Bedeutung sind Wege und Strassen, wie sie im Bundesinventar der historischen Verkehrswege der Schweiz – ein Inventar nach Artikel 5 des Bundesgesetzes über den Natur- und Heimatschutz – separat aufgeführt sind (ASTRA). Ein Beispiel ist die Hohle Gasse – der wohl populärste kulturhistorische Verkehrsweg der Innerschweiz. Ursprünglich war er ein einfacher Hohlweg im Wald, auf der Strecke zwischen der Fraumünsterabtei Zürich und ihren Besitzungen im Kanton Uri. Später wurde er zu einer wichtigen Verbindung zwischen Zürich und Oberitalien (ASTRA 2007).

6.12 Waldpädagogik

Katharina Maag Merki

> *Die Waldpädagogik ermöglicht Kindern und Erwachsenen, sich mit dem Wald als Erlebens-, Nutzungs- und Erfahrungsraum auseinanderzusetzen.*
> *Der Lebensraum Wald kann selber erforscht und entdeckt werden. Damit lassen sich die Ziele des Lehrplans zum Thema Umwelt und nachhaltige Entwicklung besonders gut erreichen.*
> *In der Schweiz bestehen viele Lernangebote zum Thema Wald für Schülerinnen und Schüler sowie Weiterbildungsangebote für Lehrpersonen.*
> *Seit dem letzten Waldbericht von 2005 sind waldpädagogische Themen in Gesellschaft, Schule und Forschung stärker präsent.*

Der Wald als Schulzimmer

Der Wald ist wie ein grosses Klassenzimmer, in dem sich Schülerinnen und Schüler mit einem für sie und für die Gesellschaft wichtigen Lebensraum auseinandersetzen können. Dieser Lebensraum ist direkt erfahrbar, da er selber erforscht und entdeckt werden kann. Damit sind intensive Erfahrungen möglich, die das Lernen unterstützen. Der Wald ist deshalb besonders dafür geeignet, wichtige Ziele der Schulbildung zu erreichen, wie sie in den Lehrplänen der Volksschule formuliert sind. Dazu gehört beispielsweise, Wissen über das Ökosystem Wald zu erwerben, dieses ganzheitlich zu erfassen sowie die vielfältigen Wechselwirkungen und die gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen Mensch und Wald zu verstehen und zu reflektieren. Ausserdem können Schülerinnen und Schüler im «Schulzimmer Wald» besonders gut darüber nachdenken, wie sie und andere die Natur für ihre eigenen Interessen und Bedürfnisse nutzen können, inwiefern dies gegenüber Flora und Fauna rücksichtsvoll ist und wie sich ein konstruktives Zusammenleben von Menschen, Tieren und Pflanzen erreichen lässt. Dazu zählt auch, den wirtschaftlichen Nutzen des Waldes zu erkennen und zu überlegen, inwiefern das eigene Verhalten im Alltag seine nachhaltige Entwicklung fördert.

Lernangebote

Seit vielen Jahren werden Wälder als besondere Lernorte erkannt. So entstanden viele Lernangebote mit unterschiedlichen thematischen Ausrichtungen und für verschiedene Zielgruppen. Diese ermöglichen es Kindern und Erwachsenen, sich mit dem Wald als Erlebens-, Nutzungs- und Erfahrungsraum auseinanderzusetzen. «Bildung für eine nachhaltige Entwicklung» und «Umweltbildung» – die beide auch waldpädagogische Themen umfassen – sind in den Lehrplänen verankert und Bestandteil der Aus- und Weiterbildung von Lehrerinnen und Lehrern. Dazu hat auch die «UNO-Dekade Bildung für eine Nachhaltige Entwicklung 2005–2014» viel beigetragen. Verschiedene Institutionen haben sich für deren Umsetzung engagiert, beispielsweise die Schweizerische Unesco-Kommission oder die Erziehungsdirektorenkonferenz EDK beziehungsweise die Schweizerische Koordinationskonferenz Bildung für eine nachhaltige Entwicklung SK BNE.

Ein vielfältiges Lernangebot ermöglicht die Auseinandersetzung mit pädagogischen Themen. Auf Waldlehrpfaden lernen die Kinder beispielsweise, die Spuren von Tieren zu entdecken oder die Überlebensstrategien von Pflanzen kennenzulernen. In vielen Gemeinden gibt es Waldkindergärten oder -kinderkrippen, in denen in einer kleinen Gruppe im

Abb. 6.12.1 *In Waldspielgruppen können Kinder den Lebensraum Wald mit allen Sinnen erkunden. Foto: Ulrich Wasem*

Tab. 6.12.1
Waldpädagogische Themen in der Schule, in der Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen und in der Forschung.

Fachliche Unterstützung, Weiterbildungen für Lehrpersonen oder Angebote für Klassen, z. B. > WWF > Pro Natura > Silviva > SVS/BirdLife Schweiz.
Qualifikationsangebote für Erwachsene, in denen neben anderen Themen waldpädagogische Fragestellungen von zentraler Bedeutung sind, z. B. Zertifikatslehrgang (CAS) «Naturbezogene Umweltbildung» von Silviva.
Nationales Kompetenzzentrum für die Volksschule und die Sekundarstufe II für die Verankerung des Themas «Bildung für Nachhaltige Entwicklung» auf schweizerischer Ebene, z. B. Stiftung éducation21.
BNE als Forschungsfeld, z. B. Kommission BNE der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaften DGfE.

Freien gelebt, gelernt, gegessen, gespielt oder die Ruhe genossen wird, und dies bei (fast) jedem Wetter (Abb. 6.12.1). Waldschulen, Naturschutzzentren, Wildnispärke wie der Wildnispark Zürich oder die vielfältigen Angebote beispielsweise von Silviva ergänzen das schulische Angebot. Sie werden von Fachleuten geleitet und ermöglichen es den Lehrpersonen, mit ihren Klassen spannende Themen zu erarbeiten. So erleben die Primarschulkinder beispielsweise im Projekt «Försterwelt» aus erster Hand die Welt der Forstleute und hegen und pflegen unter fachlicher Anleitung eines Försters ein Stück Wald in unmittelbarer Nähe zu ihrem Schulhaus. Darüber hinaus sind pädagogische Themen in vielen Formen in der Gesellschaft, der Schule, der Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen und in der Forschung präsent. Tabelle 6.12.1 gibt hierzu einen Einblick in die verschiedenen Angebote und Schwerpunkte.

Insgesamt hat die Waldpädagogik an Bedeutung gewonnen, auch im Hinblick auf regionale, nationale und internationale Entwicklungen. Dies ist erfreulich, denn der Wald kann als Lebensraum nur geschützt werden, wenn die nächste Generation ihn und seine Nutzung wertschätzen. In Zukunft sollten waldpädagogische Themen aber ein grösseres Gewicht erhalten und gestärkt werden, denn im Vergleich zu anderen Belangen fristen sie oft noch ein Schattendasein.

> Glossar

A

Abiotisch
Bezeichnet Vorgänge und Faktoren, an denen Lebewesen nicht beteiligt sind. Abiotische > Standortfaktoren sind Faktoren der Umwelt, die nicht von Lebewesen verursacht oder beeinflusst werden, zum Beispiel Witterung oder Gestein (> biotisch).

Aerosol
Mischung aus festen oder flüssigen Bestandteilen und einem Gas in der Luft. Primäre Aerosolteilchen werden direkt in die Luft emittiert, während sich die sekundären Aerosolteilchen in der Atmosphäre aus primären gasförmigen Bestandteilen neu bilden.

Altholz, energetisch und stofflich
Holz, welches aus dem Nutzungsprozess ausscheidet. Es stammt zum Beispiel aus dem Abbruch von Gebäuden und aus der Entsorgung von Möbeln und Verpackungen. Altholz ist je nach Herkunft naturbelassen oder behandelt.

Altholz, waldwirtschaftlich
Entwicklungsstufe eines Bestandes, bei dem die 100 stärksten Bäume pro Hektare einen > Brusthöhendurchmesser von durchschnittlich mindestens 50 Zentimeter haben. Entspricht der Entwicklungsstufe «starkes Baumholz» im > LFI.

Altholzinsel
> Waldfläche der Entwicklungsstufe > Altholz, in welcher aus Naturschutzgründen die Holznutzung für eine gewisse Dauer ausgeschlossen ist. Ein > Bestand, der als Altholzinsel infrage kommt, weist standortgerechte einheimische Baumarten, alte Bäume und relativ viel > Totholz auf.

Ammoniak (NH_4^+)
Stechend riechende, giftige, gasförmige Stickstoffverbindung. In die Umwelt gelangt Ammoniak zum Beispiel als Folge von landwirtschaftlichen Aktivitäten (Gülledüngung, Tierhaltung).

Ammonium (NH_4^+)
Eine Form des in Wasser gelösten > Ammoniaks. Ammoniumsalze werden in der Landwirtschaft als Dünger verwendet. In der Natur, beispielsweise im Boden und in Gewässern, entsteht Ammonium in erster Linie beim Abbau tierischer oder pflanzlicher Eiweisse. Mikroorganismen können Ammonium im Boden und in Gewässern zu > Nitrat umwandeln, wobei > Säure freigesetzt wird.

Anion
Negativ geladenes > Ion.

B

Base
Eine chemische Verbindung, die in der Lage ist, > Protonen aufzunehmen, wird Base genannt. Sie ist das Gegenstück einer > Säure und kann diese neutralisieren.

Basensättigung
Prozentanteil > basischer Kationen (Ca, Mg, K, Na) an der > Kationenaustauschkapazität.

Basisches Kation
Positiv geladenes > Ion, dessen Hydroxid eine schwache > Base ist: Ca, Mg, K, Na. Englisch: base cations, auch BC abgekürzt.

BC/Al-Verhältnis
Verhältnis zwischen den > basischen Kationen (BC) Kalzium, Magnesium und Kalium zu Aluminium (Al).

Befallsherd
Örtlich begrenzter Befall von lebenden Pflanzen durch einen Schadorganismus.

Bestand
> Baumkollektiv, das bezüglich Struktur und Baumartenzusammensetzung einheitlich ist. Der Bestand stellt die kleinste räumliche Einheit waldbaulichen Handelns dar.

Bestand, gedrängter
> Bestand, in dem die Baumkronen in engem Kontakt stehen und sich gegenseitig beeinflussen, was sich häufig in nicht runden, deformierten Kronen zeigt.

Bestockung
> Kollektiv aus Bäumen oder Sträuchern auf einer (Wald-)Fläche.

Bestockung, aufgelöste
> Bestand, der aufgrund der Standortsbedingungen oder als Folge der Nutzungsart gemäss > LFI einen Deckungsgrad zwischen 20 und 60 Prozent aufweist, zum Beispiel > Wytweiden und > Bestockungen an der oberen Waldgrenze.

Biodiversität
Synonym für biologische Vielfalt. Vielfalt der Lebensgemeinschaften und > Ökosysteme, Vielfalt der Arten sowie genetische Vielfalt samt derjenigen der Kulturpflanzen und Nutztiere. Die Evolution hat im Verlauf der Erdgeschichte einen ungeheuren Formenreichtum an Leben hervorgebracht. Wissenschaftlichen Schätzungen zufolge gibt es rund 10 Millionen Arten.

Biodiversitäts-Monitoring BDM
Projekt des Bundesamtes für Umwelt BAFU zur Überwachung der Biodiversität in der Schweiz. Im Rahmen des BDM erheben Fachleute regelmässig die Anzahl bestimmter Tier- und Pflanzenarten auf Stichprobenflächen. Das BDM zeigt auf, wie sich die Biodiversität entwickelt.

Biomasse
Gesamtheit der organischen Substanz in einem > Ökosystem. Von Organismen produzierte Materie, lebend oder abgestorben.

Biotisch
Vorgänge und Faktoren, an denen Lebewesen beteiligt sind. Biotische > Standortfaktoren sind Faktoren der Umwelt, die von Lebewesen verursacht oder beeinflusst werden, zum Beispiel Konkurrenz, Schadorganismen oder Verbiss (> abiotisch).

Brusthöhendurchmesser BHD
Durchmesser eines Baumstammes 1,3 Meter über dem Boden (Konvention zur einheitlichen Messung der Stammdicke).

Bruttoproduktionswert BPW
Gesamtwert aller in einem Jahr produzierten Waren und Dienstleistungen innerhalb eines Landes.

Bruttowertschöpfung BWS
Die Bruttowertschöpfung ergibt sich, wenn vom > Bruttoproduktionswert die Vorleistungen, das heisst die im Produktionsprozess verbrauchten, verarbeiteten oder umgewandelten Waren und Dienstleistungen, abgezogen werden.

Bruttozuwachs
Zunahme des Schaftholzvolumens (> Schaftholz) von Bäumen. Im > LFI umfasst der Zuwachs die Zunahme des Schaftholzvolumens aller überlebenden Bäume, das Schaftholzvolumen aller eingewachsenen Bäume und die modellierte Zunahme des Schaftholzvolumens aller genutzten oder abgestorbenen Bäume.

C

Critical Load
Belastungsrate, die ein > Ökosystem gerade noch verkraften kann, ohne langfristig geschädigt zu werden. Ökosysteme sind in der Lage, Schadstoffe bis zu einem gewissen Grad umzuwandeln, beziehungsweise abzubauen und erlittene Schäden zu reparieren. Übersteigt der Eintrag von schädlichen Stoffen (Schwefel- sowie Stickstoffverbindungen, Schwermetalle) den Critical Load, nimmt das Ökosystem Schaden (> Versauerung, > Stickstoffsättigung).

D

Dauerwald
Naturgemäss bewirtschafteter Wald ohne flächige Holzschläge. Ein Dauerwald ist dauernd bestockt (keine Kahlflächen) und wird dauernd einzelstammweise oder in Gruppen natürlich verjüngt.

Durchforstung
Fällen von Bäumen zwecks Nutzung ihres Holzes sowie zur Bestandespflege mit dem Ziel, die Struktur, Stabilität und/oder Qualität des verbleibenden > Bestandes zu verbessern.

Dürrständer
Stehender toter Baum.

E

Endnutzung
Ernte (Räumung) eines Waldbestandes, der das geplante Erntealter – die sogenannte > Umtriebszeit – erreicht hat. Die Endnutzung ist eine Nutzung im Rahmen der Betriebsform des schlagweisen > Hochwaldes.

Energieholz
Holz, das energetisch genutzt werden soll. Nach der Herkunft wird unterschieden > Waldholz, > Flurholz, > Restholz (aus der Weiterverarbeitung), Plantagenholz und > Altholz.

Energieholzpotenzial
Holzmengen, die energetisch genutzt werden können. Dabei ist zu unterscheiden, welches Holz beziehungsweise welche Quellen in Betracht gezogen werden: > Waldholz, > Flurholz, Restholz (aus der Weiterverarbeitung), Plantagenholz oder > Altholz. Ausserdem werden die Potenziale inhaltlich nach ihrer Verfügbarkeit abgegrenzt. Zum Beispiel lassen sich unterscheiden: (i) das theoretische Potenzial, (ii) das nachhaltige Gesamtpotenzial, (iii) das bereits genutzte Potenzial und (iv) das zusätzlich nutzbare Potenzial. Das (i) theoretische Potenzial beziffert eine nur theoretisch erreichbare Obergrenze, zum Beispiel die Menge des gesamten Waldholzzuwachses innerhalb eines Perimeters. Das (ii) nachhaltige Gesamtpotenzial ergibt sich, wenn das theoretische Potenzial um diejenigen Holzmengen vermindert wird, die aufgrund von Restriktionen der energetischen Nutzung entzogen werden. Diese Restriktionen können technisch, wirtschaftlich, ökologisch, politisch oder rechtlich bedingt sein und sind oft aneinander gekoppelt.

Energiewende
Übergang zu einer nachhaltigen Energieversorgung durch die Reduktion des Endenergie- sowie des Stromverbrauchs, die Erhöhung des Anteils an erneuerbaren Energien sowie die Reduktion der energiebedingten CO_2-Emissionen.

Exportquote
Verhältnis der Exporte (Ausfuhren) zum Bruttoinlandsprodukt. Die Exportquote von Schnittholz bezeichnet zum Beispiel das Verhältnis der jährlichen Ausfuhr von > Schnittholz zur jährlichen inländischen Schnittholzproduktion. Die Exportquote ist ein Indikator für den Umfang des Handels, den Grad der Offenheit einer Volkswirtschaft sowie die Wettbewerbsfähigkeit oder Marktausrichtung einer Branche oder eines Unternehmens.

Ex-situ-Erhaltung
Erhaltung einer Art ausserhalb des natürlichen Lebensraums, zum Beispiel in speziell angelegten Sammlungen lebender Individuen oder als Samen in einer Genbank (> In-situ-Erhaltung).

F

Feinstaub
Feinste Partikel in der Luft, die bei unterschiedlichen Prozessen (z. B. Verbrennungsprozesse, Strassenabrieb, Gesteinsabbau, Winderosion, Bildung von > Aerosolen) entstehen. Feinstaub wird nach dem Durchmesser in PM10 (Particulate Matter, Durchmesser ≤10 Mikrometer), PM2.5 (≤2,5 Mikrometer) und UFP (Ultrafine Particles, ≤0,1 Mikrometer) eingeteilt. Feinstaub kann verschiedene chemische Substanzen enthalten.

Femelschlagwald
Wald, der mit der Betriebsart Femelschlag bewirtschaftet wird. Dabei werden die Bestände durch unregelmässige Auflichtungen des Kronendaches kleinflächig in räumlich geordneter Abfolge verjüngt, wobei eine Kombination von Saumhieben, kleinen Kahlhieben und Schirmhieben verwendet wird (> Schirmschlagwald).

Festmeter
Masseinheit für > Rundholz. Ein Festmeter (Fm) entspricht einem Kubikmeter fester Holzmasse. Die Masseinheit wird für das geerntete und verkaufte Rundholz verwendet und meistens ohne Rinde angegeben.

Flüchtige organische Verbindungen (VOC)
Stoffgruppe von kohlenstoffhaltigen Verbindungen, die leicht verdampfen. Sie können toxische Komponenten enthalten.

Flurholz
Holz, das ausserhalb des Waldes auf der Feldflur wächst, zum Beispiel in Feldgehölzen, Gebüschen und Hecken. Zum Flurholz wird oft auch das Holz gezählt, welches an den Rändern von Verkehrsinfrastrukturen wie zum Beispiel Autobahnen wächst. Bei der Pflege von Gehölzen in der Flur fällt (Flur)Holz an, das energetisch genutzt werden kann.

Forest Europe (früher Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa MCPFE)
Zusammenschluss von 46 Ländern und der EU-Kommission mit dem Ziel des Schutzes und der Verbesserung der nachhaltigen Bewirtschaftung der Wälder in Europa.

Forstbetrieb
Eine Organisationseinheit, die als öffentlich-rechtliche oder privatrechtliche juristische oder natürliche Person Wälder unter einheitlicher strategischer und operativer Führung bewirtschaftet. Ein Forstbetrieb kann aus einem oder mehreren Waldeigentümern bestehen. In der Schweiz werden die Forstbetriebe meistens von der öffentlichen Hand, zum Beispiel einer politischen Gemeinde, getragen.

Forstdienst
Fachstellen der Verwaltung von Bund und Kantonen, welche den Vollzug der Waldgesetzgebung sicherstellen. Die Kantone teilen ihre Gebiete in Forstkreise und Forstreviere ein. Forstkreise werden durch diplomierte Forstingenieure mit Wählbarkeitszeugnis (Kreisförster) und Forstreviere durch diplomierte Förster betreut.

Forstunternehmen
Privater forstlicher Dienstleister ohne Waldeigentum, der im Auftrag der Waldeigentümer Wälder bewirtschaftet und der insbesondere Holzernteарbeiten durchführt.

FSC Forest Stewardship Council
Internationale Organisation aus Vertreterinnen und Vertretern der Wald- und Holzwirtschaft, von Umweltverbänden und indigenen Völkern. Sie fördert seit 1993 die ökologisch und sozial nachhaltige Nutzung des Waldes und zeichnet entsprechend produziertes Holz mit dem FSC-Label aus (> PEFC).

G

Gebirgsplenterwald
Ungleichaltriger und stufig aufgebauter oder in Baumrotten gruppierter Wald der oberen montanen und der subalpinen Stufe, in dem die Eingriffe einzelstammweise oder in kleinen Baumgruppen erfolgen (> Plenterwald).

Gebüschwald
Gemäss > LFI zu mehr als zwei Dritteln des > Bestandes mit Sträuchern bedeckte > Waldfläche. Als Gebüschwald gelten insbesondere die Grünerlen- und die Legföhrenwälder, aber auch Hasel(nieder)wälder und ähnliche > Bestockungen.

Genetische Ressourcen
Vorhandene genetische Vielfalt in natürlichen Beständen oder in Ex-situ-Sammlungen.

Genfluss
Ausbreitung des Erbgutes (bei Pflanzen durch Pollen und Samen) innerhalb und zwischen Populationen.

Gesamtholzvolumen
Schaftholzvolumen aller lebenden und toten Bäume und Sträucher ab 12 Zentimetern > Brusthöhendurchmesser. Das Gesamtholzvolumen ist die Summe von > Vorrat (Holzvorrat) und Totholzvolumen.

Graue Energie
Energiemenge, die für Herstellung, Transport, Lagerung, Verkauf und Entsorgung eines Produktes benötigt wird. Dabei werden auch alle Vorprodukte bis zur Rohstoffgewinnung sowie der Energieeinsatz aller angewandten Produktionsprozesse berücksichtigt. Graue Energie ist somit der indirekte Energiebedarf bei der Bereitstellung eines Konsumgutes oder einer Dienstleistung, im Gegensatz zum direkten Energiebedarf bei der Benutzung.

Grenzwert
Konzentration eines Stoffes in einem Umweltmedium (z. B. Wasser, Boden, Luft), bei deren Überschreitung mit Schäden für Mensch und Umwelt zu rechnen ist.

Grundfläche
Summe der Stammquerschnittsflächen aller lebenden Bäume pro Hektare.

Grundwasserschutzzone
Die Gewässerschutzverordnung unterscheidet die Zonen S1, S2 und S3 (Grundwasserschutzzonen) sowie die Zone Zu (Zuströmbereich) zum Schutze von Trinkwasserfassungen. Im > LFI wird anhand von Stichproben abgeschätzt, welcher Teil der > Waldfläche in einem Einzugsgebiet einer Trinkwasserfassung (Zone Zu) liegt und welcher Teil in einer Grundwasserschutzzone (Zonen S1, S2 oder S3).

H

Habitatbaum, Synonym Biotopbaum
Lebender Baum mit Mikrohabitatstrukturen wie abgestorbenen Ästen, Löchern und Höhlen, Rissen und Spalten, groben Rindentaschen oder Rindenverletzungen, Efeubewuchs, Baumpilzen, auch hohler Baum. Diese Habitatstrukturen können zahlreiche spezialisierte Organismen beherbergen.

Hangmure
> Murgang, der an einem Hang entsteht.

Hochwald, schlagweiser
Hochwald ist ein Wald aus > Kernwüchsen. Im schlagweisen Hochwald erfolgt die > Verjüngung am Ende der > Umtriebszeit durch flächige Holzschläge (> Endnutzung).

Holzernte, inländische
Menge des im Berichtsjahr (ab Waldstrasse, ab Holzhof oder ab Stock) verkauften, an Losholzbezüger abgegebenen und im Eigenverbrauch verwendeten Holzes in Kubikmetern (> Stammholz ohne Rinde, > Industrieholz mit Rinde). Bei Verkäufen ab Stock oder im Privatwald wird auf der Basis eines Anzeichnungsprotokolls (Liste der zu erntenden Bäume) eine Sortimentsschätzung vorgenommen.

Holzernte, Prozess
Arbeitsablauf der Holzbereitstellung an der Waldstrasse oder am Werk (Ort der weiteren stofflichen oder energetischen Nutzung). Der Holzerntеprozess beinhaltet Bearbeitung sowie Gelände- und Strassentransport. Zur Bearbeitung gehören das Fällen, Entasten und Einschneiden der Bäume. Zum Geländetransport gehören das sogenannte Rücken und das Poltern, also der Transport der Bäume oder Stämme an die Waldstrasse und deren Lagerung an geeigneten Plätzen für den nachfolgenden Strassentransport ins Werk.

Holzernteaufwand
Aufwand für die Bereitstellung des Holzes (> Holzernte).

Holzvorrat
Synonym für > Vorrat.

Humus
Organische Substanz in der organischen Auflage und im Boden (0–100 cm Tiefe).

I

Indikator
Einfache, messbare Kenngrösse für komplexe Sachverhalte, Systeme oder Prozesse (> Kriterium).

Industrieholz
Rohholz, das mechanisch zerkleinert oder chemisch aufgeschlossen wird. Es dient der Herstellung von Holzschliff, Zellstoff, Holzwolle, Span- und Faserplatten sowie von anderen industriellen Produkten.

In-situ-Erhaltung
Gezielte Erhaltung einer Art innerhalb des natürlichen Lebensraums (> Ex-situ-Erhaltung).

Invasive Art, nicht einheimische
Gebietsfremde Art mit ökonomischem oder ökologischem Schadenpotenzial.

Ion
Elektrisch geladenes Atom oder Molekül (> Kation, > Anion).

J

Jungwuchs
Entwicklungsstufe eines > Bestandes, bei welchem die 100 höchsten Bäume pro Hektare durchschnittlich höchstens 1,3 Meter hoch sind. Die jungen Waldbäume bilden keinen geschlossenen Bestand und gehören der Kraut- oder Strauchschicht an.

K

Käferholzmenge
Menge aller Bäume in > Festmetern, die von Borkenkäfern befallen sind.

Kaskadennutzung
Kaskadenartige Nutzung bedeutet, das Holz zuerst stofflich zu nutzen, beispielsweise in Häusern zu verbauen oder zu Möbeln zu verarbeiten, und erst danach, am Ende des Lebenszyklus, energetisch zu nutzen, indem es zum Beispiel zur Gewinnung von Wärme verbrannt wird.

Kation
Positiv geladenes > Ion.

Kationenaustauschkapazität
Ein Mass für die Speicherkapazität des Bodens für > Kationen, gemessen als Menge an austauschbaren Kationen (Ca, Mg, K, Na, H, Al, Fe, > Basisches Kation).

Kernwuchs
Baum, der durch > Verjüngung aus einem Samen entstanden ist, im Gegensatz zum > Stockausschlag.

Klonarchiv
Sammlung von vegetativ (= klonal) vermehrten Individuen, zum Beispiel aus Stecklingen.

Kohlendioxid CO_2
Farbloses Gas, Teil der Luft (0,03 Prozent). Entsteht bei der Verbrennung oder beim Abbau von kohlenstoffhaltigen Stoffen wie Holz oder Erdöl. Als Treibhausgas ist Kohlendioxid für einen grossen Teil der Klimaerwärmung verantwortlich. Pflanzen binden Kohlendioxid aus der Luft und bauen den > Kohlenstoff in ihre Biomasse ein (> Photosynthese).

Kohlenstoff (C)
Grundbaustein aller organischen Verbindungen. Bei Verbrennung von Kohlenstoff oder von kohlenstoffhaltigen Verbindungen entsteht > Kohlendioxid.

Kohlenstoffquelle
Gegenteil von > Kohlenstoffsenke.

Kohlenstoffsenke
Reservoir, das Kohlenstoff aufnimmt und speichert. Wälder nehmen Kohlenstoff auf durch Waldwachstum und durch Zunahme des in der organischen Auflage, im Boden und im Totholz gespeicherten Kohlenstoffs. Durch Waldnutzung und Verrottung geben Wälder Kohlenstoff an die Atmosphäre ab. Wenn die Aufnahme von Kohlenstoff höher ist als der Verlust, wird der Wald zu einer Kohlenstoffsenke; ist der Verlust höher, wird der Wald zu einer Kohlenstoffquelle. Diese Definition gilt für den Wald, ohne die Speicherkapazität von verbautem Holz mit einzubeziehen.

Kohlenwasserstoffe
Stoffgruppe von chemischen Verbindungen, die nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen.

Krautsaum
Dem > Waldmantel und > Strauchgürtel vorgelagerte, nicht oder nur extensiv genutzte Pufferzone zum intensiv bewirtschafteten Kulturland.

Kriterium
Im Waldbericht bezeichnet ein Kriterium gemäss > Forest Europe einen Themenbereich, beziehungsweise einen Aspekt des Waldes, dessen Zustand oder Eigenschaften mit mehreren > Indikatoren beschrieben oder bewertet werden.

Kronenverlichtung
Abweichung der Benadelung/Belaubung eines Baumes von einem Referenzwert, wobei der Beobachter die Ursache der Abweichung als unbekannt ansieht. Der Referenzwert entspricht der artspezifischen Benadelung/Belaubung, die als maximal angenommen wird.

Kultur
Die Gesamtheit der einzigartigen geistigen, materiellen, intellektuellen und emotionalen Aspekte, die eine Gesellschaft oder eine soziale Gruppe kennzeichnen. Dies schliesst nicht nur Kunst und Literatur ein, sondern auch Lebensformen, die Grundrechte des Menschen, Wertsysteme, Traditionen und Glaubensrichtungen.

Kulturerbe, immaterielles
Mündlich überlieferte Traditionen und Ausdrucksweisen, darstellende Künste, gesellschaftliche Praktiken, Rituale und Feste, Wissen und Praktiken im Umgang mit der Natur und dem Universum sowie Fachwissen über traditionelle Handwerkstechniken.

Kyoto-Protokoll
2005 in Kraft getretenes Zusatzprotokoll zur Ausgestaltung der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) mit dem Ziel des Klimaschutzes.

L

Landesforstinventar LFI
Das LFI ist eine Stichprobeninventur auf rund 6500 Probeflächen. Es erfasst periodisch den Zustand und die Veränderungen des Schweizer Waldes. Diese Datensammlung ermöglicht statistisch verlässliche Aussagen für die Schweiz, grössere Kantone und Regionen. Die Erstaufnahme (LFI1) wurde 1983–1985 durchgeführt, die zweite Erhebung (LFI2) erfolgte in den Jahren 1993–1995 und die dritte Aufnahme (LFI3) in den Jahren 2004–2006. Seit 2009 werden die Daten kontinuierlich erhoben, wobei jährlich landesweit ein Neuntel der Probeflächen aufgesucht wird. Die primären Datenquellen sind Luftbilder, Erhebungen im Wald sowie Umfragen beim > Forstdienst.

Langfristige Waldökosystem-Forschung LWF
Forschungsprogramm, das untersucht, wie sich von Menschen verursachte und natürliche Belastungen langfristig auf den Wald auswirken und welche Risiken für den Menschen damit verbunden sind. Es basiert auf einem Netzwerk von verschiedenen Kategorien von Flächen, die Teil des > UNECE-Netzwerkes sind: 49 > Sanasilva-Flächen auf einem systematischen 16x16 km-Netz und 19 langfristigen Forschungsflächen, die mit verschiedenen experimentellen Standorten ergänzt werden. Das LWF-Forschungsprogramm liefert einerseits Daten von langfristigen Messreihen und deren wissenschaftliche Interpretation an nationale und internationale Entscheidungsträger. Anderseits bieten die vorhandenen Daten und die moderne Infrastruktur der LWF-Forschungsplattform attraktive Voraussetzungen für die Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen Partnern.

Lothar
Name eines Orkantiefs, das sich über der Biskaya entwickelte und am 26. Dezember 1999 über West- und Mitteleuropa zog. Der Orkan richtete vor allem in Frankreich, der Schweiz, Süddeutschland und Österreich grosse Schäden an. Bis dahin hatte in der Schweiz noch nie ein Naturereignis Schäden im Umfang von fast 1,8 Milliarden Franken verursacht.

Luftschadstoffe
Schadstoffe, die über die Luft transportiert werden. Dazu gehören Gase wie > Ozon, > Ammoniak, > Stickoxide oder Schwefeldioxid, aber auch Staubpartikel (> Aerosole).

M

Millennium Ecosystem Assessment MEA
Studie im Auftrag der Vereinten Nationen zur systematischen Bestimmung des Zustandes und der globalen Entwicklungstrends der > Ökosystemleistungen.

Mittelwald
Zweischichtig aufgebauter Wald, bei welchem die Unterschicht wie im > Niederwald aus > Stockausschlägen besteht und in kurzen Zeitabständen (alle 20 bis 30 Jahre) umgehauen wird und Brennholz liefert, während die Oberschicht (Oberholz) wie im > Hochwald aus > Kernwüchsen besteht und zum Beispiel der Erzeugung von Bauholz dient. Typische Bewirtschaftungsart vom frühen Mittelalter bis ins 19. Jahrhundert, heute selten. Weiterentwicklung aus dem > Niederwald.

Mollusken
Die Weichtiere oder Mollusken (Schnecken und Muscheln) bilden einen arten- und formenreichen Tierstamm und kommen im Meer, auf dem Festland und im Süsswasser vor.

Mulm
Mischung aus stark zersetztem, weichem Holz, Pflanzenresten und Resten von Tierexkrementen.

Murgang
Niedergang eines langsam bis schnell fliessenden Gemisches von Wasser und Feststoffen (z. B. Steine) mit einem hohen Feststoffanteil (> Hangmure).

N

Nachhaltigkeit
Prinzip, nach dem nicht mehr verbraucht werden darf, als jeweils nachwachsen, sich regenerieren oder künftig wieder bereitgestellt werden kann.

Natürliche Auslese
Überleben der genetisch an die lokalen Umweltbedingungen angepassten Individuen (= Selektion).

Naturnaher Waldbau
Bewirtschaftung, die sich an der natürlichen Entwicklung des Waldes orientiert. Im Gegensatz zum > Naturwald wird der naturnahe Wald genutzt, aber auf schonende Weise. Der naturnahe Waldbau strebt standortgerechte Baumartenmischungen und horizontal und vertikal reich strukturierte Bestände an und setzt in der Regel auf > Naturverjüngung.

Naturverjüngung
Natürlich durch Ansamung oder durch vegetative Vermehrung entstandene > Verjüngung.

Naturwald
Wald, der aus > Naturverjüngung hervorgegangen ist und sich seit längerer Zeit ohne Eingriffe des Menschen frei entwickelt. Auch: nicht mehr bewirtschafteter Wald mit naturnahem Baumbestand.

Neobiont
Nicht einheimischer Organismus.

Neophyt
Nicht einheimische Pflanze, die nach dem Jahr 1492 aus fremden Gebieten, absichtlich oder unabsichtlich, eingeführt wurde.

Nettozuwachs
> Bruttozuwachs abzüglich der natürlichen Mortalität (z. B. > Totholz).

Niederwald
Aus > Stockausschlag oder Wurzelbrut hervorgegangener Wald mit kurzer > Umtriebszeit. Älteste Form der geregelten Waldnutzung, vorwiegend zur Brennholzgewinnung. Die Bewirtschaftungsart begünstigt Baumarten mit der Fähigkeit zum Stockausschlag wie Hagebuche und Eiche. Niederwald wird in kurzen Zeitabständen (alle 10–30 Jahre) kahl geschlagen.

Nitrat (NO_3^-)
Gut wasserlösliche Stickstoff-Sauerstoff-Verbindung. Pflanzen decken ihren Stickstoffbedarf unter anderem mit der Aufnahme von Nitrat aus dem Bodenwasser. > Stickoxide (NO_X) und andere Stickstoffverbindungen können in der Luft zu Nitrat umgewandelt werden. Bei hohen Nitratkonzentrationen im Wasser kann Nitrit (NO_2^-) entstehen, das vor allem für Kleinkinder bereits in niedrigen Konzentrationen giftig ist.

Nitratauswaschung
Jährliche Menge an > Nitrat, die aus dem Wurzelraum in Fliessgewässer oder in das Grundwasser abgeführt wird.

O

Öffentliche Güter
Waren oder Dienstleistungen, die sich im Gegensatz zu privaten Gütern dadurch auszeichnen, dass das Ausschlussprinzip nicht greift und gleichzeitig keine Rivalität in der Nutzung vorliegt. Beispiele dafür sind die Strassenbeleuchtung oder der Klimaschutz.

Ökosystem
Dynamische, funktionelle Einheit aller Lebewesen mitsamt ihrem Lebensraum. Die Lebewesen stehen in Wechselwirkung mit ihrer > abiotischen und > biotischen Umgebung (Boden, Wasser, Luft, Konkurrenten, Schadorganismen usw.) und tauschen Energie, Stoffe und Informationen aus.

Ökosystemleistung
Funktion eines Ökosystems, die einen Beitrag zur menschlichen Wohlfahrt liefert, zum Beispiel Biomasseproduktion oder Kohlenstoffspeicherung.

Ozon (O_3)
Stark oxidierende Sauerstoffverbindung. In grossen Höhen schützt die Ozonschicht die Erde vor schädlicher ultravioletter Strahlung. In Bodennähe hingegen kann bereits eine geringe Ozonkonzentration schädlich sein: Ozon reizt die Atemwege des Menschen und greift die Zellmembrane von Pflanzenzellen an.

P

PEFC Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes
Unabhängiges Zertifizierungssystem zur Sicherstellung und kontinuierlichen Verbesserung einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung (> FSC).

Pflanzengesellschaft
Von ihrer Umwelt abhängige, konkurrenzbedingte Kombination von Pflanzenarten.

Pflanzung
Das Pflanzen von jungen Bäumchen in einen Wald, um diesen zu verjüngen, zum Beispiel auf Sturmschadenflächen (> Verjüngung).

Photosynthese
Biochemischer Prozess, bei dem Pflanzen die Energie des Sonnenlichts nutzen, um aus > Kohlendioxid (CO_2) und Wasser organische Verbindungen herzustellen und damit > Biomasse aufzubauen.

pH-Wert
Der pH-Wert ist ein Mass für die Konzentration von > Protonen in wässriger Umgebung, zum Beispiel in einer Bodenlösung. Flüssigkeiten mit einem pH-Wert von 7 gelten als neutral, über 7 als basisch und unter 7 als sauer.

Pionierart
Art, die in frühen Stadien der > Sukzession besonders konkurrenzstark ist. Bei den Gehölzpflanzen bilden Pionierarten in der Regel grosse Mengen flugfähiger Samen und sind unempfindlich gegenüber Klimaextremen. In der Jugend sind sie raschwüchsig, kurzlebig sowie wenig schattentolerant (> Schlussbaumarten).

Plenterwald
Form des > Dauerwaldes, in dem eine Einzelstammnutzung mit stetiger > Verjüngung durchgeführt wird (Plenterung). Er ist stufig aufgebaut, und es wachsen Bäume aller Grössen einzelstammweise bis kleinflächig nebeneinander (> Gebirgsplenterwald).

Proton
> Ion des chemischen Elements Wasserstoff (H). Protonen werden in wässriger Lösung von > Säuren freigesetzt und von > Basen aufgenommen. In sauren Böden sind Protonen in hoher Konzentration vorhanden.

Provenienz
Bestimmte Herkunft von > Saatgut oder von Jungbäumen für die > Pflanzung. Zum Beispiel sind Buchen aus dem Sihlwald wegen ihrer Wuchseigenschaften eine geschätzte Provenienz. Unter dem Klimawandel werden Provenienzen aus trockeneren und wärmeren Gebieten wichtig.

Q

Qualitätsziel
Zielgrösse für Massnahmen, zum Beispiel im Gewässerschutzbereich.

R

Restholz, Industrie-Restholz
Produktionsreste aus holzverarbeitenden Betrieben wie Sägereien, Hobelwerken und Schreinereien, zum Beispiel Späne und Sägemehl. Es wird stofflich und energetisch genutzt.

Restholz, Wald-Restholz
Der Anteil der Holzernte, welcher nicht als > Rundholz genutzt werden kann. Dies sind Stämme und Äste, welche die vorgegebenen Durchmesser und Längen der Rundholzsortimente nicht erreichen, sowie das Reisig. Es kann stofflich (selten) und energetisch genutzt werden.

Risikomanagement
Laufende systematische Erfassung und Bewertung von Risiken sowie Planung und Realisierung von Massnahmen, um auf festgestellte Risiken reagieren zu können.

Risikomanagement, integrales
> Risikomanagement, bei dem alle Naturgefahren und alle Arten von Massnahmen betrachtet werden, sich alle Verantwortlichen an der Planung und Umsetzung beteiligen sowie ökologische, wirtschaftliche und soziale > Nachhaltigkeit angestrebt wird.

Rundholz
Sammelbergriff für das im Wald bei der > Holzernte in roher, runder Form bereitgestellte > Stamm-, > Industrie- und > Energieholz. Entsprechend den Baumartengruppen unterscheidet man Laubrundholz und Nadelrundholz.

Rutschung
Hangabwärts gerichtete Bewegung von Erd-, Fels- oder Lockergesteinsmassen.

S

Saatgut
Direkt von Mutterbäumen, in Netzen oder am Boden gesammelte Samen, die für die Anzucht von forstlichen Jungpflanzen verwendet werden.

Samenerntebestand
> Bestand von mindestens 100 Bäumen ausgewählter Qualität, von dem > Saatgut gewonnen wird.

Samenplantage
Ex-situ-Sammlung von Bäumen, die aufgrund ihrer Eigenschaften ausgelesen wurden und die für die Saatgutproduktion verwendet werden.

Sanasilva-Inventur
Jährliche Erfassung der > Kronenverlichtung und der Sterberate im Schweizer Wald als Indikator für seinen allgemeinen Vitalitätszustand. Die rund 50 Probeflächen liegen auf einem systematischen Subnetz des > LFI. Dieses ist ein Teil des repräsentativen, gesamteuropäischen 16x16 km-Netzes von UNECE/ICP Forests Level I.

Säure
Chemische Verbindung, die in wässriger Lösung > Protonen freisetzt (Gegenstück: > Base).

Schadorganismus, besonders gefährlicher
Gebietsfremder Organismus mit potenzieller grosser Schadwirkung vor allem auf Pflanzen.

Schaftholz
Oberirdisches Holz des Baumschaftes (ohne Astholz, aber mit Rinde).

Schalenwild
Wildlebende Paarhufer, die dem Jagdrecht unterliegen. Hierzu gehören die Hirschartigen, die Hornträger und die Wildschweine. In der Schweiz sind dies vor allem Reh und Rothirsch, Gämse und Steinbock sowie das Wildschwein.

Schirmschlagwald
Wald, der mit der Betriebsart Schirmschlag bewirtschaftet wird. Dabei werden die Bestände durch ein- bis mehrmalige Auflichtungen des Kronendaches flächig verjüngt und nach Aufkommen der > Verjüngung genutzt.

Schlussbaumart
Baumart, die sich gegen Ende der > Sukzession durchsetzt, im Gegensatz zu den > Pionierarten.

Schnittholz
Die in Sägewerken durch den Einschnitt von > Stammholz hergestellten Produkte (Schnittwaren); dies sind zum Beispiel Bretter und Latten für den Bau, die Verpackungsindustrie oder die Möbelherstellung.

Schwarze Liste
Liste der invasiven > Neophyten der Schweiz, die in den Bereichen Biodiversität, Gesundheit und/oder Ökonomie Schäden verursachen. Die Ausbreitung dieser Pflanzenarten muss verhindert werden (> Watch-Liste, > Neobiont). Online: www.infoflora.ch

Schwellenwert, Totholz
Mindestmenge an > Totholz, die für die Erhaltung spezialisierter Arten notwendig ist.

Segregation
Räumliche Trennung von Vorrangfunktionen im Wald. Zum Beispiel werden gewisse Waldflächen vor allem für die Holzproduktion genutzt, während andere hauptsächlich dem Naturschutz dienen.

Selve
Parkartige Weide mit Edelkastanien oder Nussbäumen, die sowohl der Nutzung von Holz und Früchten als auch der Heugewinnung oder als Weideland dient; in der Schweiz vor allem auf der Alpensüdseite verbreitet.

Sickerwasser
Wasser, das im Bodenprofil nach unten fliesst (versickert).

Spezialfeuerungen
Anlagen, in denen > Energieholz in Form von Pellets oder von Schnitzeln zur Gewinnung von Wärme und Strom verfeuert wird. Sie sind im Gegensatz zu den Einzelraum- und Stückholzfeuerungsanlagen sowohl in kleinen als auch grossen Dimensionen einsetzbar.

Stammholz
Das wertvollere, als > Schnitt- oder Furnierholz nutzbare > Rundholz. In der Regel handelt es sich um > Schaftholz.

Standort
Gesamtheit aller auf > Pflanzengesellschaften einwirkenden Umweltfaktoren (> abiotische oder > biotische, einschliesslich anthropogener, Faktoren).

Standortfaktor
Auf Pflanzen einwirkender > biotischer (z. B. Vegetationskonkurrenz, Schadorganismen) oder > abiotischer Einfluss der Umwelt (z. B. Geologie, Witterung). Die Gesamtheit der Faktoren bestimmt den > Standort.

Stickoxide (NO_x)
Diese Vorläufersubstanzen für die Bildung von bodennahem > Ozon tragen zur Entstehung von saurem Regen bei. Sie werden bei Verbrennungsprozessen aus dem > Stickstoff der Luft gebildet.

Stickstoff (N)
Wichtiger Nährstoff. In Form eines farb- und geruchlosen Gases ist er Hauptbestandteil der Luft (78 % N_2). Für eine Aufnahme durch Pflanzen muss diese Form des Stickstoffs umgewandelt werden, entweder zu > Nitrat oder zu > Ammonium.

Stickstoffsättigung
Zustand, bei dem zusätzlich eingetragener > Stickstoff weder von der Vegetation aufgenommen noch im Boden zurückgehalten, sondern meist in Form von > Nitrat mit dem > Sickerwasser ins Grundwasser abgegeben wird.

Stockausschlag
Durch Austreiben von Trieben aus einem Wurzelstock entstehender oder entstandener Baum. Stockausschläge werden bei einigen Bewirtschaftungsformen zur > Verjüngung des > Bestandes verwendet (> Niederwald, > Mittelwald).

Störfall
Ausserordentliches Ereignis mit erheblicher Wirkung.

Strauchgürtel
Dem > Waldmantel vorgelagerter Saum aus Gehölzpflanzen (exklusive Zwergsträuchern) unter 12 Zentimetern > Brusthöhendurchmesser.

Subvention
Staatliche finanzielle Unterstützung ohne unmittelbare Gegenleistung.

Sukzession
Natürliche Abfolge von > Pflanzen- oder Tiergesellschaften an einem Ort. Die Waldsukzession ist die Abfolge von sogenannten Pioniergesellschaften mit Lichtbaumarten hin zu den Schlusswaldgesellschaften aus Schattenbaumarten (> Pionierarten, > Schlussbaumarten).

Swiss Bird Index SBI
Indikator der Schweizerischen Vogelwarte Sempach, welcher die Entwicklung der Brutvögel der Schweiz seit 1990 abbildet. Beim Index für den Wald werden 57 Vogelarten des Waldes ausgewertet, für welche genügend Daten zur Bestandesentwicklung vorliegen.

T

Totholz
Abgestorbene Bäume oder Baumteile von unterschiedlicher Dimension und Qualität (> Schwellenwert, Totholz).

U

Übersarung
Prozess der Ablagerung von vorwiegend groben Feststoffen, die bei Hochwasser aus dem Bett eines Fliessgewässers ausgetreten sind.

Umtriebszeit
Planmässig festgelegter Zeitraum zwischen Begründung und Räumung (Endnutzung) eines > Bestandes. Entspricht der Zeitspanne zwischen zwei Endnutzungen (> Endnutzung, > Niederwald, > Hochwald, schlagweiser).

UNECE United Nations Economic Commission for Europe
Die Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen UNECE wurde 1947 als eine der 5 regionalen Organisationen der UNO gegründet. Ihr primäres Ziel ist die Förderung der wirtschaftlichen Zusammenarbeit zwischen ihren 56 Mitgliedsländern. Dazu führt sie wirtschaftliche und politische Analysen durch und entwickelt Standards.

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 Baumartenzusammensetzung, Waldstruktur, Totholzmenge und Walddynamik erkennen lassen. Urwald ist durch grosse Mengen an > Totholz gekennzeichnet, weil hier das Holz abgestorbener Bäume im Wald verbleibt.

V

Vegetationshöhenstufe
Gesamtheit der > Standorte mit ähnlichen Vegetationsverhältnissen (> Waldgesellschaft) unter Berücksichtigung der massgebenden Standortfaktoren, insbesondere der Höhenlage.

Verbissintensität
Anteil der in einem Jahr am Gipfeltrieb verbissenen Gehölzpflanzen mit Höhen zwischen 10 und 130 Zentimetern.

Verjüngung
Ansamen und Aufwachsen von Jungbäumen. Geschieht dies ohne menschliches Zutun, wird von > Naturverjüngung gesprochen. Die Verjüngung kann durch waldbauliche Massnahmen (z. B. Lichtungshiebe) gefördert werden (> Naturverjüngung) oder gezielt durch Menschenhand erfolgen (> Pflanzung). Auch: Kollektiv von Jungbäumen.

Versauerung
Prozess, bei dem die Konzentration von > Säuren im Boden zunimmt und der Boden zunehmend sauer reagiert. Böden können > Säuren bis zu einem gewissen Grad neutralisieren. Dies erfolgt durch > Verwitterung von puffernden Substanzen und durch > Kationenaustausch. Wird einem Boden mehr Säure zugeführt (z. B. durch Luftschadstoffe) als er puffern kann, vermindert sich seine Pufferkapazität; der > pH-Wert fällt, der Boden versauert (> Critical Load). Die von den Säuren freigesetzten > Protonen können dann Nährstoffe aus dem Boden verdrängen. Ein versauerter Boden kann deshalb Pflanzen schlechter ernähren als ein neutraler oder basischer Boden.

Verwitterung, chemische
Auflösung und Umwandlung von Gesteinen und Mineralen. Die chemische Verwitterung ist der wichtigste säureneutralisierende Prozess in Böden und die wichtigste Nährstoffquelle.

Vivian
Name eines Orkantiefs, das im Februar 1990 in Europa und auch in der Schweiz grosse Schäden verursachte. In der Schweiz traf der Orkan vor allem die nördlichen Voralpen, wo Gebirgswälder grossflächig zerstört wurden.

Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung VGR
Berechnungs- und Darstellungsform zur statistischen Erfassung des jährlichen Wirtschaftsgeschehens eines Landes. Statistisch erfasst und berechnet werden die Entstehung, Verteilung und Verwendung des Gesamtwertes aller produzierten Waren und Dienstleistungen.

Vorrangfunktion
Erfüllt ein Wald oder Waldstück mehrere Waldfunktionen, so wird die wichtigste dieser Aufgaben als Vorrangfunktion bezeichnet. Im > LFI ist es die Waldfunktion, die im Falle von Nutzungskonflikten gemäss Angaben der Revierförster Priorität hat und auf die bei der Nutzung und Pflege (Bewirtschaftung) massgeblich geachtet wird. Dabei werden die übrigen Waldfunktionen nach Möglichkeit mit berücksichtigt.

Vorrat
Synonym für Holzvorrat. Gemäss > LFI das > Schaftholzvolumen in Rinde aller lebenden Bäume und Sträucher (stehende und liegende) ab 12 Zentimeter > Brusthöhendurchmesser in einem > Bestand oder auf einer Fläche. Das LFI schliesst im > Gesamtholzvolumen auch tote stehende und liegende Bäume ein. Der Vorrat wird meistens in Kubikmetern Holz pro Hektare angegeben.

W

Waldentwicklungsplan WEP
Der WEP (in einigen Kantonen auch Regionaler Waldplan RWP) ist das Führungs- und Koordinationsinstrument für den kantonalen > Forstdienst. Er legt die im öffentlichen Interesse liegenden Waldleistungen (> Waldfunktionen) fest und macht Vorgaben zur Nachhaltigkeit der Waldbewirtschaftung. Der WEP ist mit dem kantonalen Richtplan nach Raumplanungsgesetz zu koordinieren und umfasst eine Region oder einen Kanton. Er ist für Behörden verbindlich.

Waldfläche
Gesamtheit aller Flächen, die gemäss Walddefinition des > LFI als Wald bezeichnet werden. Sie umfasst Wald und > Gebüschwald.

Waldfunktionen
Aufgaben, die vom Wald gegenwärtig ganz oder teilweise erfüllt werden, erfüllt werden können oder erfüllt werden sollen. Wichtige Waldfunktionen in der Schweiz sind: Schutz vor Naturgefahren, Holzproduktion, > Biodiversität, Erholung, Schutz des Trinkwassers, Filterung der Luft usw. Abgrenzung zu Waldleistungen siehe Grafik I, Seite 12.

Waldgesellschaft
Eine von Bäumen dominierte > Pflanzengesellschaft.

Waldgesetz WaG
Bundesgesetz über den Wald vom 4. Oktober 1991, in Kraft getreten am 1. Januar 1993. Dazu gehört die Waldverordnung (WaV) vom 30. November 1992. Das erste Schweizer Waldgesetz war jedoch das «Bundesgesetz betreffend die Oberaufsicht des Bundes über die Forstpolizei im Hochgebirge» von 1876, das bereits den Grundsatz der nachhaltigen Waldbewirtschaftung enthielt.

Waldgrenze, statische
Im Nutzungsplan eingetragene feste Waldgrenze. > Bestockungen, die ausserhalb dieser Grenze aufwachsen, gelten nicht als Wald im Rechtssinne und können dadurch ohne Bewilligung gerodet werden.

Waldholz
Alles Holz, das im Wald wächst beziehungsweise produziert und geerntet wird.

Waldmantel
Einzelne Individuen oder abgestufte Reihen von typischen Randbäumen (einseitige, eher lange Kronen) ab 12 Zentimetern > Brusthöhendurchmesser, inklusive der darunterliegenden Strauchschicht, am > Waldrand.

Waldrand
Grenz- oder Übergangsbereich der Vegetationsform Wald zu anderen Elementen der Landschaft. Der Waldrand umfasst > Waldmantel, > Strauchgürtel und > Krautsaum.

Waldzielart
Im Wald vorkommende > Zielart.

Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen (WKK-Anlagen)
In WKK-Anlagen wird mit einem Brennstoff (z. B. Holz) Elektrizität produziert, während gleichzeitig mehrheitlich Abwärme entsteht, die für anderweitige Zwecke (z. B. industrielle Prozesse, Heizwärme) eingesetzt wird. Die im Vergleich zu einer separaten Bereitstellung von Wärme und Strom sehr günstigen Gesamtwirkungsgrade bedingen die Nutzungsmöglichkeit der entstehenden Wärme.

Watch-Liste
Liste der invasiven > Neophyten der Schweiz, die das Potenzial haben, Schäden zu verursachen, und deren Ausbreitung daher überwacht werden muss (> Schwarze Liste, > Neophyt). Online: www.infoflora.ch

Wytweide
Mit Waldbäumen bestockte Weide, die der eidgenössischen Waldgesetzgebung unterstellt ist. Offene Waldlandschaft, die durch den kleinflächigen Wechsel von Waldinseln und Weideflächen gekennzeichnet ist. Sie ist naturschützerisch wertvoll und verdankt ihre Entstehung einer extensiven Beweidung. In der Schweiz am schönsten ausgeprägt ist sie im Hochjura, aber auch in den Zentralalpen.

X

Xylobionte Art
Art, die in mindestens einer Lebensphase von Holz lebt, es bewohnt oder benutzt. Der Begriff wird vor allem für Insekten verwendet.

Z

Zielart
National prioritäre Art, für deren Erhaltung spezifische Massnahmen nötig sind.

Zuwachs
Zunahme von Durchmesser, Höhe, Umfang, Grundfläche, Volumen oder Wert eines Bestandes beziehungsweise einzelner Bäume in einer bestimmten Zeitspanne (> Bruttozuwachs, > Nettozuwachs).

> Literatur

Abegg, M., Brändli, U.-B., Cioldi, F., Fischer, C., Herold Bonardi, A., Huber M., Keller, M., Meile, R., Rösler, E., Speich, S., Traub, B., 2014: Viertes Schweizerisches Landesforstinventar – Ergebnistabellen und Karten im Internet zum LFI 2009–2013 (LFI4b). WSL, Birmensdorf. Online: www.lfi.ch/resultate [Published online 06.11.2014]

AGAF (Arbeitsgruppe Artenförderung): Liste der prioritären Waldarten, Stand Juli 2014, unpubliziert.

Arbeitskreis Standortskartierung, 1996: Forstliche Standortsaufnahme. Begriffe, Definitionen, Einteilungen, Kennzeichnungen, Erläuterungen. IHW-Verlag, München. 352 S.

ASTRA (Bundesamt für Strassen): Das Inventar historischer Verkehrswege der Schweiz. ASTRA, Bern. Online: www.ivs.admin.ch

ASTRA, 2007: Historische Verkehrswege im Kanton Schwyz. Eine Publikation zum Inventar historischer Verkehrswege der Schweiz IVS. ASTRA, Bern. ASTRA, Bern. Online: www.ivs.admin.ch

BABS (Bundesamt für Bevölkerungsschutz), 2009: Inventar der Kulturgüter von nationaler und regionaler Bedeutung. www.bevoelkerungsschutz.admin.ch > Themen > Kulturgüterschutz > KGS Inventar

BAFU, 2009a: Jahrbuch Wald und Holz 2009. BAFU, Bern. 202 S.

BAFU, 2009b: Ergebnisse der Grundwasserbeobachtung Schweiz (NAQUA). Zustand und Entwicklung 2004–2006. BAFU, Bern. 144 S.

BAFU, 2010: Vollzugshilfe Wald und Wild. BAFU, Bern. 24 S.

BAFU, 2011a: Liste der National Prioritären Arten. Arten mit nationaler Priorität für die Erhaltung und Förderung. Stand 2010. BAFU, Bern. 132 S.

BAFU, 2011b: Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich. Mitteilung des BAFU als Vollzugsbehörde an Gesuchsteller. BAFU, Bern. 222 S.

BAFU, 2013a: Jahrbuch Wald und Holz 2013. BAFU, Bern. 180 S.

BAFU, 2013b: Inländische Wertschöpfung bei der stofflichen und energetischen Verwendung von Holz. Schlussbericht. BAFU, Bern. 59 S.

BAFU, 2013c: Waldpolitik 2020. Visionen, Ziele und Massnahmen für eine nachhaltige Bewirtschaftung des Schweizer Waldes. BAFU, Bern. 29 S.

BAFU, 2014a: Switzerland's Informative Inventory Report 2014 (IIR), Submission under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Online: www.ceip.at sowie BAFU EMIS-Datenbank, www.bafu.admin.ch/luft/11017/11024/11592/index.html

BAFU, 2014b: Schweizer Treibhausgasinventar 1990–2012. BAFU, Bern. 91 S.

BAFU, 2015: Biodiversität im Wald: Ziele und Massnahmen. BAFU, Bern. 186 S.

BAFU, BFE (Bundesamt für Energie), SECO (Staatssekretariat für Wirtschaft), 2014: Ressourcenpolitik Holz. Strategie, Ziele und Aktionsplan Holz, Bern. 36 S.

BAFU, BFS (Bundesamt für Statistik), WVS (Waldwirtschaft Schweiz), HAFL (Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften), 2012: Forstwirtschaftliches Testbetriebsnetz der Schweiz: Ergebnisse der Jahre 2008–2010, Bern. 32 S.

BAFU, WSL (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft), 2013: Die Schweizer Bevölkerung und ihr Wald. Bericht zur zweiten Bevölkerungsumfrage Waldmonitoring soziokulturell (WaMos 2). BAFU, Bern, WSL, Birmensdorf. 92 S.

BAK (Bundesamt für Kultur). Immaterielles Kulturerbe. Online: www.bak.admin.ch/kulturerbe/04335/index.html

BAK, 2012: Die lebendigen Traditionen der Schweiz. Online: www.lebendige-traditionen.ch

Baur, B., 2003: Freizeitaktivitäten im Baselbieter Wald – ökologische Auswirkungen und ökonomische Folgen. Verlag des Kantons Basel-Landschaft, Liestal. 180 S.

BDM (Koordinationsstelle Biodiversitäts-Monitoring Schweiz), 2009: Zustand der Biodiversität in der Schweiz. Ergebnisse des Biodiversitäts-Monitorings Schweiz (BDM) im Überblick. BAFU, Bern. 112 S.

BDM, 2013: E6: Nährstoffangebot im Boden. BAFU, Bern. Online: www.biodiversitymonitoring.ch/de/daten/indikatoren/e/e6.html

BDM, 2014: Z9: Artenvielfalt in Lebensräumen. BAFU, Bern. Online: www.biodiversitymonitoring.ch/de/daten/indikatoren/z/z9.html

Bergen, V., Löwenstein, W., Olschewski, R., 2013: Forstökonomie – Ansätze für eine vernünftige Umwelt- und Landnutzung. Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. Vahlen Verlag, München. 477 S.

Bernasconi, A., Schroff, U., 2008: Freizeit und Erholung im Wald. Grundlagen, Instrumente, Beispiele. BAFU, Bern. 69 S.

Bernasconi, A., Gubsch, M., Hasspacher B., Iseli R., Stillhard, J., 2014: Präzisierung Basis-Indikatoren Nachhaltigkeitskontrolle Wald. BAFU, Bern. 57 S.

BFS (Bundesamt für Statistik), 2013a: Statistik der Unternehmensstruktur 2011, STATENT. Online: www.bfs.admin.ch > 01 Bevölkerung > Bevölkerungsstand und -struktur > Indikatoren > Räumliche Verteilung > Agglomerationen

BFS, 2013b: Gesamtrechnungen des Primärsektors – Indikatoren – Forstwirtschaftliche Gesamtrechnung – Produktionswert des forstwirtschaftlichen Wirtschaftsbereichs. BFS, Bern.

BFS, 2014: Bevölkerungsstand und -struktur. BFS, Bern.
Online: www.bfs.admin.ch > 01 Bevölkerung > Bevölkerungsstand und -struktur > Indikatoren > Räumliche Verteilung > Agglomerationen

BFS, BAFU, 2012: Schweizerische Forststatistik 2011.
Online: www.agr.bfs.admin.ch > Forstwirtschaft

BFS, BAFU, 2013: Schweizerische Forststatistik 2012.
Online: www.agr.bfs.admin.ch > Forstwirtschaft

Blattert, C., Bürgi, A., Lemm, R., 2012: Berechnung von Mehraufwand und Minderertrag infolge des Trinkwasserschutzes im Wald. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 163: 437–444.

Bolliger, M., Imesch, N., Schnidrig, R., 2012: Waldreservatspolitik der Schweiz: Zwischenbilanz und Perspektiven aus Sicht des Bundes. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 163: 199–209.

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. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 160: 53–67.

Brändli, U.-B., 2010: Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004–2006. WSL, Birmensdorf, BAFU, Bern. 312 S.
Online: www.lfi.ch/publikationen/publ/lfi3.php [18.01.2012]

Brändli, U.-B., Baltensweiler, A., Bergamini, A., Ulmer, U., Schwyzer, A., 2009: Verbreitung und Häufigkeit der Eibe (*Taxus baccata*) in der Schweiz, Ergebnisse aus dem Landesforstinventar (LFI). Eibenfreund 15: 43–49.

Brändli, U.-B., Abegg, M., Duc, P., Ginzler, C., 2010a: Biologische Vielfalt. In: Brändli, U.-B. (Red.) Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004–2006. WSL, Birmensdorf, BAFU, Bern: 187–228.

Brändli, U.-B., Brang, P., Lanz, A., Abegg, M., 2010b: LFI-Bilanz zur Nachhaltigkeit. In: Brändli, U.-B. (Red.) Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004–2006. WSL, Birmensdorf, BAFU, Bern: 265–288.

Brändli, U.-B., Abegg, M., 2013: How natural are Swiss beech forests? Abstract and Poster. International Conference «Primeval Beech Forests» Lviv, Ukraine, June 2–9 2013.

Brändli, U.-B., Cioldi, F., Fischer, C., Huber, M., 2015: Schweizerisches Landesforstinventar – Spezialauswertungen zum Waldbericht 2015 im Internet. WSL, Birmensdorf.
Online: www.lfi.ch/publ/waldbericht/2015.php [17.8.15]

Brang, P., Duc, P., 2002: Zu wenig Verjüngung im Schweizer Gebirgswald: Nachweis mit einem neuen Modellansatz. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 153: 219–227.

Brang, P., Heiri, C., Bugmann, H., 2011 (Red.): Waldreservate. 50 Jahre natürliche Waldentwicklung in der Schweiz. WSL, Birmensdorf, ETH Zürich, Haupt, Bern, Stuttgart, Wien. 272 S.

Brassel, P., Brändli, U.-B., 1999: Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der Zweitaufnahme 1993–1995. WSL, Birmensdorf, BAFU, Bern, Haupt, Stuttgart, Wien. 442 S.
Online: www.lfi.ch/publikationen/publ/lfi2.php

Braun, S., 2013: Untersuchungen über die Zusammensetzung der Bodenlösung. Bericht 2012. IAP, Schönenbuch. 123 S.

Braun, S., Flückiger, W., 2012: Bodenversauerung in den Flächen des Interkantonalen Walddauerbeobachtungsprogramms. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 163: 374–382.

Braun, S., Schindler, C., Rihm, B., 2014: Growth losses in Swiss forests caused by ozone: Epidemiological data analysis of stem increment of *Fagus sylvatica* L. and *Picea abies* Karst. Environmental Pollution 192: 129–138.

Bütler, R., Lachat, T., Larrieu, L., Paillet, Y., 2013: Habitat trees: key elements for forest biodiversity. European Forest Institute (EFI), Freiburg. 84–91.

BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft), 1999: Gesellschaftliche Ansprüche an den Schweizer Wald – Meinungsumfrage. BUWAL, Bern. 151 S.

BUWAL, WSL (Hrsg.) 2005: Waldbericht 2005 – Zahlen und Fakten zum Zustand des Schweizer Waldes. BAFU, Bern, WSL, Birmensdorf. 152 S.

Carnicer, J., Coll, M., Ninyerola, M., Pons, X., Sánchez, G., Peñuelas, J., 2011: Widespread crown condition decline, food web disruption, and amplified tree mortality with increased climate change-type drought. PNAS 108: 1474–1478.

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. WSL, Birmensdorf, BAFU, Bern: 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. WSL, Birmensdorf, ETH Zürich, Haupt, Bern, Stuttgart, Wien: 12–25.

Cordillot, F., Klaus, G., 2011: Gefährdete Arten in der Schweiz. Synthese Rote Listen. BAFU, Bern. 111 S.

Dobbertin, M., Seifert, M., Schwyzer, A., 2002: Ausmass der Sturmschäden. Wald und Holz 83: 39–42.

Dobbertin, M., Eilmann, B., Bleuler, P., Giuggiola, A., Graf Pannatier, E., Landolt, W., Schleppi, P., Rigling, A., 2010: Effect of irrigation on needle, shoot and stem growth in natural drought exposed *Pinus sylvestris* forests. Tree Physiology 30: 346–360.

Dobbertin, M., Hug, C., Walthert, L., 2012: Waldzustand in der Schweiz: Erfassung, Entwicklung und Einflussfaktoren. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 163: 331–342.

Domont, P., Montelle, E., 2008: Baumgeschichten. Von Ahorn bis Zeder. Fakten, Märchen, Mythen. Hep Verlag, Bern. 336 S.

Duc, P., Brändli, U.-B., Herold Bonardi, A., Rösler, E., Thürig, E., Ulmer, U., Frutig, F., Rosset, C., Kaufmann, E., 2010: Holzproduktion. In: Brändli, U.-B. (Red.) Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004–2006. WSL, Birmensdorf, BAFU, Bern: 143–184.

Eiberle, K., Nigg, H., 1987: Grundlagen zur Beurteilung des Wildverbisses im Gebirgswald. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 138: 747–785.

Eidgenössische Jagdstatistik. Online: www.wild.uzh.ch/jagdst

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2010: Global Forest Resources Assessment 2010 – Terms and Definitions, Working paper 144/E. FAO, Rome. 27 S.
Online: www.fao.org/docrep/014/am665e/am665e00.pdf

Flückiger, W., Braun, S., 2011: Auswirkung erhöhter Stickstoffbelastung auf die Stabilität des Waldes. Synthesebericht. IAP, Schönenbuch. 88 S.

Forest Europe, UNECE (United Nations Economic Commission for Europe), FAO, 2011: State of Europe's Forests 2011. Status and Trends in Sustainable Forest Management in Europe. FOREST EUROPE Liaison Unit, Oslo. 337 S.

Frehner, M., Wasser, B., Schwitter, R., 2005: Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. BAFU, Bern. 564 S.

Freiburghaus, M., 2012: Aufbereitung von Trinkwasser in der Schweiz: Auswertung der SGW-Statistik 2005 und 2010. Aqua & Gas 9: 78–81.

Freisetzungsverordnung FrSV, 2008: Verordnung über den Umgang mit Organismen in der Umwelt, SR 814.911. Bern. Online:
www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20062651/index.html

Freuler, B., 2008: Management von Freizeitaktivitäten: Interventionen zur Beeinflussung von sozialen und ökologischen Nutzungskonflikten im Outdoorbereich. Dissertation, Universität Zürich. 132 S.

Gehrig-Fasel, J., Guisan, A., Zimmermann, N.E., 2007: Tree line shifts in the Swiss Alps: Climate change or land abandonment? Journal of Vegetation Science 18: 571–582.

Graf Pannatier, E., Thimonier, A., Schmitt, M., Waldner, P., Walthert, L., 2012: Impacts des dépôts atmosphériques acides sur l'eau des sols forestiers. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 163: 363–373.

Gregori, G., Guidon, J., Schmidt, R., Cloetta, G.G., 2005: Flurnamen der Gemeinde Bergün. Noms rurels dla vischnancha da Brauegn. Cumünanza culturela Pro Bravuogn. Bergün, 352 S.

HAFL (Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften), 2013: Erhebung der HAFL im Rahmen der Weiterbildungsveranstaltung «Waldentwicklungsplan: Die nächste Generation» vom 11. April 2013.

Hegg, C., Jeisy, M., Waldner, P., 2004: Wald und Trinkwasser. Eine Literaturstudie. WSL, Birmensdorf. 60 S.

Heiri, C., Brändli, U. B., Bugmann, H., Brang, P., 2012: Sind Naturwaldreservate naturnäher als der Schweizer Wald? Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 163: 210–221.

Herrmann, S., Condera, M., Brang, P., 2012: Totholzvolumen und -qualität in ausgewählten Schweizer Naturwaldreservaten. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 163: 222–231.

Hertig, H.P., 1979: Die Einstellung der Bevölkerung zu Problemen des Waldes und der Waldwirtschaft: Ergebnisse einer Meinungsumfrage. Schweizerische Gesellschaft für Praktische Sozialforschung / Forschungszentrum für schweizerische Politik. Universität Bern, Bern.

Hess, J., 2011: Uisä Wald, Engelberger Dokument, Heft 30. Einwohnergemeinde Engelberg. 84 S.

Hofer, P., Altwegg, J., Schoop, A., Hässig, J., Rüegg, R., 2011: Holznutzungspotenziale im Schweizer Wald. Auswertung von Nutzungsszenarien und Wachstumsentwicklung. BAFU, Bern. 80 S.

Hunziker, M., Freuler, B., von Lindern, E., 2011: Erholung im Wald: Erwartungen und Zufriedenheit, Verhalten und Konflikte. Der multifunktionale Wald – Konflikte und Lösungen. Forum für Wissen 2011: 43–51.

Hunziker, M., von Lindern, E., Bauer, N., Frick, J., 2012: Das Verhältnis der Schweizer Bevölkerung zum Wald. Waldmonitoring soziokulturell: Weiterentwicklung und zweite Erhebung – WaMos 2. WSL, Birmensdorf. 180 S.

Immoos, U., Hunziker, M., 2014: Wirkung von Lenkungsmassnahmen auf das Verhalten von Freizeitaktiven. Naturschutz und Landschaftsplanung 46: 5–9.

Info Species, 2012: Info Species: Die nationalen Arten-Datenzentren der Schweiz. Online: www.infospecies.ch

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team, Pachauri, R.K., Reisinger, A. (eds.) IPCC, Genf. 104 S.

Kamm, U., Gugerli, F., Rotach, P., Edwards, P.J., Holderegger, R., 2012: Seltenes und zerstreutes Vorkommen: Auswirkungen auf den Paarungserfolg des Speierlings. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 163: 130–136.

Keller, V., Kéry, M., Müller, C., Schmid, H., Zbinden, N., 2013: Swiss Bird Index SBI: Update 2012. Schweizerische Vogelwarte, Sempach. 4 S.

Küchli, C., Chevalier, J., 1992: Wurzeln und Visionen – Promenaden durch den Schweizer Wald. AT Verlag, Aarau. 216 S.

Lachat, T., Ecker, K., Duelli, P., Wermelinger, B., 2013: Population trends of *Rosalia alpina* (L.) in Switzerland: a lasting turnaround? Journal of Insect Conservation 17: 653–662.

Lachat, T., Brang, P., Bolliger, M., Bollmann, K., Brändli, U.-B., Bütler, R., Hermann, S., Schneider, O., Wermelinger, B., 2014: Totholz im Wald. Entstehung, Bedeutung, Förderung. Merkblatt für die Praxis 52: 12 S.

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. Haupt, Bern. 376 S.

Lauber, K., Wagner, G., Gygax, A., 2012: Flora Helvetica. Haupt, Bern. 1656 S.

Lehner L., Pauli B., Kinnunen, H., Weidner, U., Lehner, J., Menk, J., 2014: Branchenanalyse – Analyse und Synthese der Wertschöpfungskette Wald und Holz in der Schweiz. Technischer Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU, Bern. Verfasser: .bwc Management-consulting Abensberg, Bayern, und HAFL Zollikofen, Bern. 356 S.

Lemm, R., Thees, O., Hensler, U., Hässig, J., Bürgi, A., Zimmermann, S., 2010: Ein Modell zur Bilanzierung des holzerntebedingten Nährstoff-entzugs auf Schweizer Waldböden. Schweizerische Zeitschrift für Forst-wesen 161: 401–412.

LFI (Landesforstinventar). Resultate nach Inventuren. WSL, Birmensdorf. Online: www.lfi.ch/resultate/inventuren.php

Limacher, S., Walker, D., 2012: Nicht-Holz-Waldprodukte in der Schweiz. Aktualisierung der Daten und Weiterentwicklung der Erhebungsmethoden im Hinblick auf die nationale und internationale Berichterstattung, Bericht erstellt im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU, Bern. WaldKultur, Vitznau. 61 S.

Losey, S., Wehrli, A., 2013: Schutzwald in der Schweiz. Vom Projekt SilvaProtect-CH zum harmonisierten Schutzwald. BAFU, Bern. 29 S.

MEA (Millennium Ecosystem Assessment) 2005: Ecosystems and human well-being. Synthesis. Island Press, Washington, DC. 103 S. + Anhang. Online:
www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf

Meier, F., Engesser, R., Forster, B., Odermatt, O., Angst, A., 2013. Forstschutz-Überblick 2012. WSL, Birmensdorf. 28 S.

Mollet, P., Zbinden, N., Schmid, H., 2009: Steigende Bestandeszahlen bei Spechten und anderen Vogelarten dank Zunahme von Totholz? Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 160: 334–340.

Müller, E., Stierlin, H.R., 1990: Sanasilva-Kronenbilder mit Nadel- und Blattverlustprozenten. WSL, Birmensdorf. 129 S.

Müller, J., Bütler, R., 2010: A review of habitat thresholds for dead wood: a baseline for management recommendations in European forests. European Journal of Forest Research 129: 981–992.

Nationaler Samenerntekataster, 2014: Kataster der Samenernte-bestände NKS. BAFU, Bern.
Online: www.nks.admin.ch/Pages/Public/HomePage.aspx

Nellen, B., 2011: Preisentwicklung beim Tannen- und Fichtenholz in der Schweiz von 1919 bis 2010, Bachelor Thesis Fachhochschule Nordwestschweiz.

Neubauer-Letsch, B., Groetsch, C., Näher, T., Wüthrich, K., 2012: Holzendverbrauch Schweiz. Bauwesen, Holz im Aussenbereich, Möbel und Innenausbau, Verpackung sowie Holzwaren für das Jahr 2009. Bundesamt für Umwelt, Bern. 105 S.

Nobis, M., 2008: Ausbreitung gebietsfremder Arten. Invasive Neophyten auch im Wald? Wald und Holz 2008: 46–49.

Nussbaum, M., Papritz, A., Baltensweiler, A., Walthert, L., 2012: Organic Carbon Stocks of Swiss Forest Soils. Final Report. ETH Zurich, WSL, Birmensdorf.

Priewasser, K., 2013: Factors influencing tree regeneration after windthrow in Swiss forests. Doktorarbeit, ETH Zürich. 151 S.

Pröbstl, U., Wirth, V., Elands, B., Bell, S. (eds.), 2010: Management of recreation and nature based tourism in European forests. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 336 S.

Rigling, A., Elkin, C., Dobbertin, M., Eilmann, B., Giuggiola, A., Wohlgemuth, T., Bugmann, H., 2012: Wald und Klimawandel in der inneralpinen Trockenregion Visp. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 163: 481–492.

Roques, A., 2010: Taxonomy, time and geographic patterns. BioRisk 4: 11–26.

Rosset, C., Bernasconi, A., Hasspacher, B., Gollut, C., 2012: Nachhaltig-keitskontrolle Wald. Schlussbericht. BAFU, Bern. 33 S. + Anhang.

Rudow, A. 2014. Dendrologie-Grundlagen. Unterrichtsunterlagen, ETHZ, Zürich.

Rudow, A., Rotach, P., Küchli, C., Dürr, C., Schmid, S., Bolliger, M., 2013: The State of the World's Forest Genetic Ressources. FAO Country Report Switzerland 2012. Interner Bericht. BAFU, Bern. 52 S.

Sächsische Carlowitz-Gesellschaft, 2013: Die Erfindung der Nachhaltig-keit. Oekom Verlag, München. 288 S.

Schaffer H.P., 2010: Kennziffern – Bedeutung für den Wald und die Waldpolitik. Bündner Wald 5/2010: 43–47.

Sedlacek, T., 2012: Die Ökonomie von Gut und Böse. Carl Hanser Verlag, München. 448 S.

SHL (Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft), 2009: Kosten und Nutzen der Waldzertifizierung für die Schweizer Waldwirtschaft. SHL, Zollikofen. 86 S.

Stuber, M., Bürgi, M., 2011: Hüeterbueb und Heitisträhl. Traditionelle Formen der Waldnutzung in der Schweiz 1800 bis 2000. Bristol-Stiftung, Zürich, Haupt, Bern, Stuttgart, Wien. 302 S. + DVD.

SVGW (Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches), 2012: Statistische Erhebungen der Wasserversorgungen in der Schweiz für das Betriebsjahr 2011. SVGW, Zürich.

Thees, O., Kaufmann, E., Lemm, R., Bürgi, A., 2013: Energieholzpotenziale im Schweizer Wald. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 164: 351–364.

Thimonier, A., Graf Pannatier, E., Schmitt, M., Waldner, P., Walthert, L., Schleppi, P., Dobbertin, M., Kräuchi, N., 2010: Does exceeding the critical loads for nitrogen alter nitrate leaching, the nutrient status of trees and their crown condition at Swiss Long-term Forest Ecosystem Research (LWF) sites? European Journal of Forest Research 129: 443–461.

Tschopp, T., Holderegger, R., Bollmann, K. 2012: Die Douglasie in der Schweiz: Auswirkungen auf Biodiversität und Lebensräume im Wald. Eine Literaturübersicht. WSL, Birmensdorf. 53 S.

Unesco (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization): What is meant by cultural heritage. Übereinkommen zur Bewahrung des immateriellen Kulturerbes (SR 0.440.6, SR 0.530.3). Online: www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19720322/index.html

Usbeck T., Wohlgemuth T., Dobbertin M., Pfister C., Bürgi A., Rebetez M., 2010: Increasing storm damage to forests in Switzerland from 1858 to 2007. Agricultural and Forest Meteorology. 150: 47–55.

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. Natural Hazards and Earth System Sciences 11: 2617–2651.

Waldgesetz WaG, 1991: Bundesgesetz über den Wald, SR 921. Bern. Online:
www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19910255/index.html

Waldverordnung WaV, 1992: Verordnung über den Wald, SR 921.01. Bern. Online:
www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19920310/index.html

Weber, E., 2002: Gebietsfremde Pflanzenarten in der Schweiz. Eine Bedrohung für unsere Artenvielfalt? Hotspot 5: 10–11.

Weber, E., 2005: *Lonicera henryi* Hemsl. – a potential exotic forest weed in Switzerland. Botanica Helvetica 115: 77–81.

Wermelinger, B., 2014: Invasive Gehölz-Insekten: Bedrohung für den Schweizer Wald? Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 165: 166–172.

Wermelinger, B., Forster, B., Hölling, D., Plüss, T., Raemy, O., Klay, A., 2013: Invasive Laubholz-Bockkäfer aus Asien – Ökologie und Management. Merkblatt für die Praxis 50: 1–16.

Wohlgemuth, T., Brang, P., Bugmann, H., Rigling, A., Zimmermann, N.E., 2014: Forschung zu Wald und Klimawandel in Mitteleuropa: eine Werkschau. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 165: 27–36.

WVS (Waldwirtschaft Schweiz), 2011: Zur Lage der Forstwirtschaft. Schweizer Testbetriebsnetz (TBN) – Bericht zur Betriebsrechnung 2010. Wald und Holz 8: 8–9.

Zhao, Y., Hosoya, T., Baral, H.-O., Hosaka, K., Kakishima, M., 2013: *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, the correct name for *Lambertella albida* reported from Japan. Mycotaxon 122: 25–41.

Zimmermann, W., 2014: Waldpolitischer Jahresrückblick 2013. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 165: 105–112.

> Weblinks

Bundesamt für Umwelt BAFU, Abteilung Wald
www.bafu.admin.ch > Das BAFU > Abteilungen und Sektionen > Wald

Deutsche Gesellschaft für Erziehungswissenschaft DGfE, Kommission Bildung Nachhaltige Entwicklung BNE der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaften
www.dgfe.de > Sektionen | Kommissionen > Sektion 3 – Interkulturelle und International Vergleichende Erziehungswissenschaft > Kommission Bildung für nachhaltige Entwicklung

éducation 21
www.education21.ch

Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL
www.wsl.ch

Europäische Holzhandelsverordnung EUTR
www.bafu.admin.ch > Wald und Holz > Funktionen des Waldes > Holznutzung > Europäische Holzhandelsverordnung

FSC-Zertifizierungssystem
www.fsc.org; www.fsc-schweiz.ch

ICP Forests
www.icp-forests.net

Info species
www.infospecies.ch

Institut für angewandte Pflanzenbiologie IAP
www.iap.ch

Kampagne «Respektiere deine Grenze»
www.respektiere-deine-grenzen.ch

Landesforstinventar LFI
www.lfi.ch

Langfristige Waldökosystem-Forschung LWF
www.lwf.ch

Lignum
www.lignum.ch

PEFC-Zertifizierungssystem
www.pefc.org; www.pefc.ch

Pro Natura
www.pronatura.ch

Silviva
www.silviva.ch

Statistik Forstwirtschaft des Bundesamtes für Statistik BFS
www.pxweb.bfs.admin.ch > 07 Land- und Forstwirtschaft > 07.3 Forstwirtschaft

SVEB-Zertifikatskurs Umwelt-Erwachsenenbildner/in
www.wwf.ch > Aktiv werden > Sich engagieren > Weiterbildungsangebot > Umweltbildung SVEB

Totholz
www.totholz.ch

UNECE
www.unece.org > Forestry and Timber

Waldschutz Schweiz
www.wsl.ch > Forschungseinheiten > Walddynamik > Waldschutz Schweiz

Waldwissen
www.waldwissen.net

Wildnispark Zürich
www.wildnispark.ch

WWF Schweiz (World Wide Fund for Nature)
www.wwf.ch

> Autorinnen und Autoren

Achermann Beat, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
Augustin Sabine, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
Bauer Nicole, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Bolliger Markus, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
Bollmann Kurt, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Brändli Urs-Beat, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Brang Peter, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Braun Sabine, Institut für Angewandte Pflanzenbiologie IAP, Schönenbuch
Bürgi Anton, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Camin Paolo, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
Cioldi Fabrizio, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf WSL
Conedera Marco, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Engesser Roland, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Fischer Christoph, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Forster Beat, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Frick Jacqueline, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf und Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Wädenswil
Ginzler Christian, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Graf Pannatier Elisabeth, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Gugerli Felix, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Hagedorn Frank, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Hanewinkel Marc, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Holderegger Rolf, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Huber Markus, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Hug Christian, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Hunziker Marcel, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Imesch Nicole, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
Kammerhofer Alfred W., Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
Kienast Felix, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Kläy Matthias, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Krafft Ulrike, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
Küchli Christian, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
Lachat Thibault, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Landolt Daniel, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
Limacher Sandra, WaldKultur – Beratung und Forschung, Vitznau
Maag Merki Katharina, Universität Zürich
Manser Rolf, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
Meier Franz, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Olschewski Roland, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Pasi Tatiana, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
Raemy Otto, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
Reinhard Michael, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
Reinhardt Miriam, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
Rigling Andreas, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Rihm Beat, Meteotest, Bern
Ritter Philipp, Suva, Luzern
Rogiers Nele, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
Röösli Bruno, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
Sandri Arthur, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
Schaffer Hans Peter, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
Schaub Marcus, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Scheidegger Christoph, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Schmid Silvio, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
Schwyzer Andreas, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Senn-Irlet Beatrice, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Stofer Silvia, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Suter Thalmann Claire-Lise, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
Thees Oliver, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Thimonier Anne, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Thürig Esther, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
von Lindern Eike, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Waldner Peter, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Wermelinger Beat, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Wohlgemuth Thomas, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Zimmermann Erica, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
Zimmermann Stephan, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
Zimmermann Willi, ETH Zürich

> Weiterführende Informationen:
www.bafu.admin.ch/wald