

Waldbericht 2025

Entwicklung, Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU



Waldbericht 2025

Entwicklung, Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes

Impressum

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU), 3003 Bern

Das BAFU ist ein Amt des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), 8903 Birmensdorf

Auftraggeber

Paul Steffen (BAFU) und Christoph Hegg (WSL)

Projektausschuss

Eckehard Brockerhoff, Claudio de Sassi, Josef Eberli, Géraldine Eicher Stucki, Marco Ferretti, Rolf Holderegger, Michael Husistein, Michael Reinhard, Irmi Seidl, Thomas Wohlgemuth

Projektleitung/Editoren

Alexandra Strauss (BAFU) und Christoph Fischer (WSL)

Redaktion

Matthias Meili

Lektorat

Anna Dätwyler

Korrektorat

Andrea Strässle

Projektunterstützung

Daniel Landolt und Christine Bühler
(Interface Politikstudien Forschung Beratung)

Illustration

Hahn+Zimmermann GmbH

Grafik

Christof Scheidegger (Atelier Scheidegger)

Layout

Funke Lettershop AG

Bildnachweis

- Titelseite: Lichtblick in Giswil (OW). Foto: Simon Speich (LFI)
- Seite 10: Mischwald mit reichhaltiger Verjüngung.
Foto: Andreas Rigling (WSL/ETHZ)
- Seite 130: Frühling im Auenwald bei Baden. Foto: Simon Speich (LFI)

Bezug der gedruckten Fassung und PDF-Download

BBL, Verkauf Bundespublikationen, 3003 Bern

www.bundespublikationen.admin.ch

Art.-Nr.: 810.400.155D

www.bafu.admin.ch/uz-2501-d

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

DOI: 10.55419/wsl:37780

© BAFU/WSL 2025

Inhaltsverzeichnis

Abstracts	7	5	Schutzwald	94
		5.1	Schutz vor Naturgefahren	98
Vorwort	9	5.2	Trinkwasser	102
Wald im Umbruch – eine Synthese	11	6	Sozioökonomie	104
Folgerungen	21	6.1	Waldeigentum	108
Datengrundlage	23	6.2	Volkswirtschaftliche Bedeutung der Wald- und Holzwirtschaft	110
1 Ressourcen	26	6.3	Wirtschaftliche Lage der Forstbetriebe	112
1.1 Waldfläche	30	6.4	Förderung der Waldwirtschaft durch den Bund	114
1.2 Holzvorrat	32	6.5	Beschäftigte in der Wald- und Holzwirtschaft	116
1.3 Altersaufbau und Bestandesstruktur	34	6.6	Arbeitssicherheit und Arbeitsgesundheit	118
1.4 Kohlenstoffvorrat	37	6.7	Stoffliche und energetische Holzverwendung	120
2 Gesundheit und Vitalität	40	6.8	Aussenhandel mit Holz und Holzprodukten	124
2.1 Luftschadstoffe	44	6.9	Erholung im Wald	126
2.2 Boden	46	6.10	Wald und Kulturerbe	128
2.3 Zustand der Baumkronen	48	6.11	Waldpädagogik	129
2.4 Waldschäden	50			
2.5 Einfluss des Klimawandels auf Gesundheit und Vitalität	54	Glossar		131
3 Nutzung	56	Literatur		146
3.1 Holznutzung und Zuwachs	60	Autorinnen und Autoren		160
3.2 Rundholz	62			
3.3 Nichtholz-Waldprodukte	64			
3.4 Waldleistungen	66			
3.5 Waldplanung, Zertifizierungen und Regulierungen des Handels zum Schutz vor Entwaldung	68			
4 Biodiversität	70			
4.1 Artenvielfalt	74			
4.2 Verjüngung	78			
4.3 Naturnähe	80			
4.4 Nicht einheimische Baumarten	82			
4.5 Totholz	84			
4.6 Genetische Vielfalt	86			
4.7 Wald in der Landschaft	88			
4.8 Gefährdete Arten	89			
4.9 Waldreservate	91			
4.10 Brutvögel des Waldes	93			

Abstracts

The Forest Report 2025 is the third publication of its kind, with previous versions appearing in 2005 and 2015. It is aimed at experts and anyone interested in forest and wood-related issues. The report provides an overview of the condition and development of Swiss forests over the past ten years and assesses the outlook for all relevant areas against the backdrop of advancing climate change. With a structure modelled on Forest Europe reports, the Forest Report sets out internationally comparable results and serves as a benchmark publication. It uses a broad range of data from long-term surveys to answer important questions for society, economic players and policymakers.

Der Waldbericht erscheint 2025 zum dritten Mal nach 2005 und 2015. Er richtet sich an Fachleute und an eine am Thema Wald und Holz interessierte Leserschaft. Der Waldbericht ist eine Gesamtschau über Zustand und Entwicklungen des Schweizer Waldes in den letzten zehn Jahren und gibt einen Ausblick für alle Themenbereiche im Hinblick auf den fortschreitenden Klimawandel. Mit seiner an den Berichten von Forest Europe orientierten Struktur liefert der Waldbericht international vergleichbare Ergebnisse und dient als Referenzpublikation. Er beantwortet anhand einer breiten Datenbasis aus Langzeiterhebungen wichtige Fragen für Gesellschaft, Wirtschaft und Politik.

Après 2005 et 2015, le Rapport forestier paraît pour la troisième fois, en 2025. S'adressant aux spécialistes et aux lecteurs intéressés par le thème de la forêt et du bois, il offre un aperçu général de l'état et de l'évolution de la forêt suisse au cours des dix dernières années, et propose pour chaque chapitre thématique un regard vers l'avenir tenant compte des changements climatiques. Structuré de façon similaire aux rapports de Forest Europe, il fournit des informations reproductibles au niveau international et fait figure de publication de référence. Le Rapport forestier répond à des questions importantes pour la société, l'économie et la politique en se fondant sur une vaste base de données issues d'enquêtes à long terme.

Nel 2025 il Rapporto forestale giunge alla sua terza edizione dopo quelle del 2005 e 2015. Destinato ad esperti e lettori interessati al tema del bosco e del legno, il rapporto fornisce uno spaccato generale su stato ed evoluzione del bosco svizzero negli ultimi dieci anni e traccia una prospettiva per tutte le aree tematiche tenendo conto del cambiamento climatico in corso. Essendo strutturato come quelli di Forest Europe, il rapporto mette a disposizione risultati comparabili a livello internazionale e serve come pubblicazione di riferimento. Mediante una vasta base di dati provenienti da rilevamenti di lungo periodo, risponde a interrogativi importanti per la società, l'economia e la politica.

Keywords:

*forest, wood,
forest ecosystem services,
climate change,
condition and development,
long-term surveys,
Forest Europe*

Stichwörter:

*Wald, Holz,
Waldleistungen,
Klimawandel,
Zustand und Entwicklung,
Langzeiterhebungen,
Forest Europe*

Mots-clés :

*forêt, bois,
prestations forestières,
changements climatiques,
état et évolution,
enquêtes à long terme,
Forest Europe*

Parole chiave:

*bosco, legno,
prestazioni del bosco,
cambiamento climatico,
stato ed evoluzione,
monitoraggio di lungo periodo,
Forest Europe*

Vorwort

Was ist entspannender als ein Spaziergang im nahen Wald? Im Frühling, wenn die Bäume und Sträucher in frischem Grün erstrahlen; im Herbst, wenn sich der Wald wieder in sein buntestes Gewand kleidet. Doch der Wald leistet noch viel mehr für die Bevölkerung, er ist ein wahres Multitalent. Als Schutzwald gewährleistet er Sicherheit vor Naturgefahren wie Steinschlag, Lawinen und Murgängen. Als Lebensraum beherbergt er unzählige Tier- und Pflanzenarten und ist damit Voraussetzung für den Erhalt der Biodiversität.

Gerade angesichts des Klimawandels werden die Leistungen des Waldes immer wichtiger. Als Erholungssuchende können wir das hautnah spüren, wenn wir an einem Sommertag aus einer überhitzten Siedlung in den kühlen Wald treten. Der Wald leistet mit seiner erneuerbaren Ressource Holz einen Beitrag an den Klimaschutz. Zudem bindet er CO₂ aus der Luft, und als verbauter Werkstoff speichert Holz den Kohlenstoff längerfristig. Als Quelle von Rohstoffen ist der Wald auch ein Teil des Wirtschaftslebens. Diese Waldleistungen und – wie dieser Bericht zeigt – noch viele andere gewinnen zunehmend an Bedeutung.

Der vorliegende Waldbericht liefert eine Gesamtschau über Zustand, Entwicklung und Ausblick zu allen Themen des Schweizer Waldes. Rund neunzig Expertinnen und Experten haben die Informationen aus einer Vielzahl von Langzeitbeobachtungen gesammelt und in den sechs thematischen Kapiteln fachkundig interpretiert, um die relevanten Fragestellungen zu beantworten. In der Synthese lesen wir die Essenz der Forschungsergebnisse, und das Kapitel «Folgerungen» zeigt den politischen Handlungsbedarf für einen Wald auf, der sich den veränderten Umweltbedingungen anpassen und seine Leistungen auch künftig erbringen kann.

Der wissenschaftlich fundierte Bericht orientiert sich an den Kriterien von Forest Europe und hat sich als Referenzpublikation etabliert. Er richtet sich an ein Fachpublikum sowie an die interessierte Leserschaft aus Gesellschaft, Wirtschaft und Politik.

Auf die Frage «Wie geht es dem Schweizer Wald?» gibt es keine einfachen Antworten. Doch eines ist sicher: Der Klimawandel macht sich auch im Wald bemerkbar. Die Auswirkungen betreffen nicht nur die Menschen, die direkt mit dem Wald zu tun haben, sondern erfordern auch die Unterstützung und Mitarbeit der gesamten – und vor allem einer gut informierten – Gesellschaft.

Wir hoffen, dass der Waldbericht mit seinen umfassenden Informationen über Zustand, Entwicklung und Zukunft des Waldes die Grundlage für fundierte Diskussionen und Entscheide bietet.

Katrin Schneeberger, Direktorin
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Rolf Holderegger, Direktor
Eidg. Forschungsanstalt für Wald,
Schnee und Landschaft (WSL)



Wald im Umbruch – eine Synthese

Andreas Rigling, Michael Husistein, Marco Ferretti, Michael Reinhard

Das vergangene Jahrzehnt war eines der turbulentesten mit einschneidenden Folgen für den Schweizer Wald, seine Bewirtschaftung und die gesamte Wertschöpfungskette Wald und Holz. Der aktuelle Waldzustand dürfte daher – je nach Perspektive und Region – als «geschwächt» oder sogar als «kritisch» beurteilt werden. Ein vitaler und gesunder Wald hat einen hohen Wert für die ganze Schweiz, denn er erbringt vielfältige Leistungen für die Gesellschaft: die Produktion des Rohstoffs Holz, der Schutz vor Lawinen, Rutschungen und anderen Naturgefahren, der Schutz vor Erosion, die Reinigung von Trinkwasser, die Bindung von Kohlenstoff aus der Luft, die Leistung als Erholungsraum für die Bevölkerung und nicht zuletzt seine grundlegende Rolle als Hort der Artenvielfalt. Die Bedeutung vieler Waldleistungen und der biologischen Vielfalt nimmt stetig zu, weil die Umweltveränderungen fortschreiten und die Ansprüche der verschiedenen Interessengruppen steigen.

In der letzten Dekade haben globale Megatrends die Entwicklung des Schweizer Waldes direkt oder indirekt beeinflusst.

- **Der Klimawandel** (IPCC 2022): Immer häufigere Störungen und Extremereignisse wie Stürme, Hitzewellen und Dürreperioden verursachen zunehmend sichtbare Schäden im Wald und ein gebietsweise flächiges Absterben der Bäume. Dies kann die Waldleistungen beeinträchtigen, die gerade angesichts des Klimawandels wichtig wären, z. B. den Schutz vor Naturgefahren, die Holzproduktion sowie die Bindung von Kohlenstoff als Beitrag zum Klimaschutz.
- **Der globale Biodiversitätsverlust** (IPBES 2019a): Von allen Tier- und Pflanzenarten in der Schweiz leben 40 % im und vom Wald. Als naturnaher Lebensraum leistet er also einen grossen Beitrag zum Schutz und zum Erhalt der Biodiversität. Doch auch im Wald und vor allem an der Schnittstelle zwischen Wald und Offenland gibt es bedrohte Arten und Lebensräume, die eines speziellen Schutzes bedürfen.
- **Die Globalisierung des Handels:** Über internationale Waren- und Personentransporte können besonders gefährliche Schadorganismen – darunter

Pflanzen, Pilze und Insekten – eingeschleppt werden (Bonnamour et al. 2021). Diese können einheimische Waldarten verdrängen und so das gesamte Ökosystem Wald schädigen. Einfuhrkontrollen, Überwachung, die gezielte Bekämpfung und – wenn nicht anders möglich – die kontrollierte Integration gebietsfremder Schadorganismen bei der Waldbewirtschaftung sind deshalb unabdingbar.

- **Die globale Rohstoffknappheit** (IRP 2019): Die Nachfrage nach dem erneuerbaren Rohstoff Holz nimmt stark zu. Die Nutzung von Holz ist aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht zu befürworten, sofern sie auf einer nachhaltigen Produktion basiert und in regionalen Wertschöpfungsketten erfolgt.
- **Die Urbanisierung** (United Nations 2018): Der Lebensraum Wald wird angesichts der Bevölkerungszunahme und des veränderten Freizeitverhaltens vermehrt als Erholungsraum genutzt und gewinnt an Bedeutung für die Volksgesundheit. Dies führt zu einer zusätzlichen Beanspruchung des Waldes und stellt dessen Bewirtschaftung vor grosse Herausforderungen.

Ziel der vorliegenden Synthese ist es, die Ergebnisse des Waldberichtes 2025 in diese weltweit vonstattengehenden Prozesse einzuordnen.

Der Wald verändert sich grundlegend

Der Schweizer Wald bedeckt rund 1,3 Millionen Hektaren oder knapp einen Drittel der gesamten Landesfläche. Erstmals seit Jahrzehnten hat sich die Waldfläche in der letzten Dekade nur noch wenig ausgedehnt. Im dicht besiedelten Mittelland und in den Talebenen kommt der Wald wegen konkurrierender Raumansprüche sogar zunehmend unter Druck. Die Erhaltung der Waldfläche ist und bleibt insbesondere hier eine Herausforderung.

Beim Holzvorrat der lebenden Bäume zeichnet sich eine ähnliche Trendwende ab: Der starke Anstieg um die Jahrtausendwende hat sich verlangsamt. Seit 2015 hat sich der Holzvorrat kaum verändert. In den Alpen und auf der Alpensüdseite nimmt er zwar noch zu. Im Jura und im

Mittelland ist der Holzvorrat hingegen gesunken, vor allem weil Trockenheit, Insektenbefall und Baumkrankheiten die Mortalität der Bäume erhöht haben, aber auch weil der Rohstoff Holz in diesen Regionen stärker genutzt wird.

Die am weitesten verbreitete Baumart im Schweizer Wald ist nach wie vor die Fichte mit einem Anteil von 42 % am gesamten Holzvorrat, gefolgt von der Buche mit 18 %. Landesweit macht der Nadelholzanteil zwei Drittel aus und ist in der letzten Dekade konstant geblieben. Doch auf regionaler Ebene zeichnen sich deutliche Veränderungen in der Baumartenzusammensetzung ab. So ist der Anteil der Fichte im Mittelland und im Jura um 15 % bzw. 10 % gesunken. Im Jura hat auch die Buche deutlich verloren, während ihr Anteil in den Alpen und auf der Alpensüdseite um 8 % bzw. 20 % zugenommen hat. Der Eschenvorrat hat vor allem wegen des Eschentriebsterbens abgenommen, während Bergahorn sowie Tanne und Lärche deutlich zulegen. Diese bedeutenden Baumartenverschiebungen werden die Walddynamik nachhaltig verändern.

Neben der Baumartenzusammensetzung beeinflussen auch die Struktur des Waldes, die Altersverteilung der Bäume sowie das Ausmass und die Qualität der Verjüngung die künftige Waldentwicklung. Reich strukturierte Wälder, in denen unterschiedlich hohe Bäume verschiedenster Altersklassen gedeihen, sind resilienter gegenüber Umweltveränderungen. Sie weisen nach Störungen und Extremereignissen – die wegen des Klimawandels immer häufiger werden – weniger Schäden auf und erholen sich schneller. Zwar sind erfreulicherweise 64 % der Waldfläche in der Schweiz mehrschichtig und gestuft aufgebaut, doch ist die Verjüngung zukunftsfähiger Baumarten vielerorts ungenügend, vor allem wenn die Vorverjüngung nur spärlich vorhanden ist. Als Vorverjüngung gelten junge Bäume, die sich unter dem Schirm des Hauptbestandes etablieren konnten. Wälder mit ausreichender Vorverjüngung sind resilienter, weil die Wiederbewaldung nach Störungen schneller abläuft, wenn die Nachwuchsbäume schon bereitstehen.

Die Fähigkeit des Waldes, mittels Fotosynthese Kohlenstoff aus der Luft zu binden, gehört angesichts des Klimawandels zu seinen wichtigsten Leistungen. Der Schweizer Wald speichert durchschnittlich 269 Tonnen Kohlenstoff pro Hektare, mehr als die Hälfte davon im Waldboden.

Dabei sind die hiesigen Waldböden besonders grosse Speicher. Sie speichern rund 50 % mehr Kohlenstoff als die Waldböden anderer zentraleuropäischer Länder. Dafür gibt es mehrere Gründe: das hohe Walddalter, das kühle und feuchte Klima, das die Anreicherung von Kohlenstoff im Boden begünstigt, sowie der naturnahe Waldbau, der weniger Bodenschäden verursacht.

Weil sich die Waldfläche in den vorangegangenen vierzig Jahren kontinuierlich ausdehnte und der Holzvorrat anwuchs, funktionierte der Wald in dieser Zeit meist als Kohlenstoffsänke. Doch angesichts der in diesem Waldbericht aufgezeigten Trendwende beim Wachstum sowie durch Störungen und Extremereignisse infolge des Klimawandels besteht die Gefahr, dass der Wald lokal häufiger zu einer Kohlenstoffquelle wird und der Sänkeeffekt auf nationaler Ebene abnimmt. Um dem entgegenzuwirken und die drei Klimaleistungen des Waldes zu fördern (Sequestrierung von Kohlenstoff im Wald, Speicherung von Kohlenstoff in Holzprodukten, stoffliche und energetische Substitution von klimaschädlicheren Werk- und Rohstoffen durch Holz), sollte die Resilienz des Waldes mit waldbaulichen Massnahmen gestärkt und die stoffliche Nutzung von Holz, z. B. in Möbeln und Gebäuden, gefördert werden.

Klimawandel setzt den Wald unter Stress

Mit dem rasch fortschreitenden Klimawandel hat sich die Gefährdung des Waldes deutlich verschärft. Viele Störungen und Extremereignisse haben ihn in der letzten Dekade auf lokaler und regionaler Ebene geschädigt: die Frühjahrstrockenheit im Jahr 2015, der Spätfrost 2017 und die Stürme Burglind und Vaia 2018, die Hagelereignisse in der Innerschweiz im Juni 2021 und die Hitzewellen und Sommertrockenheiten der Jahre 2018, 2019, 2022 und 2023, oft gefolgt von einem starken Borkenkäferbefall. In Kombination mit ihrer raschen Abfolge hatten die Ereignisse sich gegenseitig verstärkende Auswirkungen. Es fehlten Erholungsphasen von kühleren Jahren mit genügend Niederschlag und geringem Druck von Schadorganismen. In solchen Phasen können die Bäume ihren Stoffwechsel anpassen und kann der Wald seine Wasserreserven auffüllen. Weitere Stressfaktoren wie eine zu hohe Stickstoffbelastung oder bodennahes Ozon verschärften die Situation. Zwar konnten diese Immissionen in den vergangenen Jahren reduziert werden, doch überschreiten sie vielerorts nach wie vor die kritischen Belastungsgrenzen,

können so das Wachstum des Waldes und seine Resistenz gegen Trockenheit hemmen (Etzold et al. 2021) und machen das Waldökosystem anfälliger für den Befall von Schadorganismen.

Eine wichtige Rolle spielen auch gebietsfremde Schadorganismen, die über den zunehmend globalisierten Handel in die Schweiz gelangen. Ein aktuelles Beispiel ist das Eschentriebsterben. Die Krankheit wird von einem ostasiatischen Pilz ausgelöst, der wahrscheinlich in den 1990er-Jahren mit Pflanzenmaterial nach Europa gelangte. In der Schweiz wurde das Eschentriebsterben erstmals 2008 nachgewiesen und hat sich seither epidemisch ausgebreitet. Es lässt vor allem junge Eschen absterben, trifft aber auch alte Bestände (Dubach et al. 2023). Die ehemals wichtige Esche droht so aus dem regulären Waldbau zu verschwinden. Doch 2–5 % der Eschen sind resistent. Sie sollten unbedingt geschützt und gefördert werden, um die Weitergabe der Resistenz an ihre Nachkommen zu ermöglichen. Dadurch könnte die Esche erhalten bleiben, denn mit ihren Eigenschaften als schnellwüchsiger Baum mit relativ hoher Trockenresistenz und hervorragender Holzqualität könnte sie eine der Zukunftsbaumarten sein, die bei der Anpassung der Wälder an den Klimawandel eine wichtige Rolle spielen.

Der in der Schweiz meist naturnah bewirtschaftete Wald ist im Vergleich zu den grossflächigen Monokulturen in benachbarten Ländern vielfältiger strukturiert und dementsprechend widerstandsfähiger gegenüber den Einflüssen des Klimawandels. Doch angesichts der in der letzten Dekade auch bei uns zunehmenden Waldschäden muss die Waldbewirtschaftung im Sinne des adaptiven naturnahen Waldbaus proaktiv angepasst werden (Larsen et al. 2022). Beispielsweise werden Störungsflächen genutzt, um seltene Baumarten zu fördern oder um Baumarten, die auch im künftigen Klima gut gedeihen, stützpunktartig einzubringen. So können Mischwälder mit hoher Baumartenvielfalt entstehen, die generell resilienter sind.

Biodiversität im Wald umfassend fördern

Der fortschreitende Artenverlust ist neben dem Klimawandel eine der grössten globalen Bedrohungen der Gegenwart, weil die Biodiversität die Grundlage vieler Ökosystemleistungen ist, die für das menschliche Leben unerlässlich sind. In der Schweiz leben etwa 40 % der rund

56 000 nachgewiesenen Pflanzen-, Pilz- und Tierarten im oder vom Wald. Er gehört damit zu den artenreichsten Lebensräumen des Landes. Erfreulicherweise entwickelt sich die Waldbiodiversität leicht positiv. In der letzten Dekade haben z. B. die Bestände vieler Waldvogelarten zugenommen. Auch die Vielfalt der Schnecken-, Moos- und Baumarten ist grösser geworden.

Positiv auf die Biodiversität im Wald wirkt sich die Zunahme von Totholz aus, das für viele spezialisierte Arten ein essenzieller Lebensraum ist. Diese Zunahme ist eine Folge des vermehrten Baumsterbens nach Störungsereignissen sowie einer Waldbewirtschaftung, die den Wert von Totholz für die biologische Vielfalt berücksichtigt. Landesweit beläuft sich das Totholzvolumen im Wald mittlerweile auf 32 Kubikmeter pro Hektare, wobei regional immer noch Defizite bestehen. Zudem gefährdet die steigende Nachfrage nach Energieholz den Trend zu mehr Totholz, weil immer mehr davon verbrannt wird.

Fortschritte sind auch bei den Natur- und Sonderwaldreservaten zu verzeichnen. Bis 2022 wurden bereits 7 % der gesamten Waldfläche als Schutzgebiet ausgeschieden, dies vor allem im Alpenraum. Damit ist das Ziel des Bundesrates, bis 2030 einen Flächenanteil von 10 % unter Schutz zu stellen, in Reichweite.

Diese positiven Entwicklungen dürfen nicht über weiterhin vorhandene Defizite hinwegtäuschen. Bei den Gefässpflanzen etwa gelten 13 % der Waldarten als gefährdet. Bei den holzbewohnenden Käferarten, die auf Totholz angewiesen sind, ist sogar fast die Hälfte der Arten gefährdet. Auch bei der Lebensraumqualität bestehen je nach Region nach wie vor grosse Defizite. So haben immer noch 70 % der Wälder im Mittelland einen zu hohen und somit naturfernen Anteil an Fichten. Weiter gelten 41 % der Waldgesellschaften und deren Lebensräume als gefährdet, insbesondere Auenwaldgebiete, lichte Wälder sowie alte und dicke Bäume, die eine grosse Vielfalt an Mikrohabitaten für spezialisierte Arten bieten.

Entscheidend für die Erhaltung der Artenvielfalt im Wald sind, neben einem naturnahen Waldbau, die Schnittstellen zwischen Wald und Landwirtschaft, namentlich die Wald-ränder und die Vernetzung von Waldflächen durch Hecken, Baumgruppen und Einzelbäume in der Landschaft. Die

Daten dieses Waldberichtes zeigen jedoch, dass in den Lagen unter 600 m ü. M. rund 30 % der offenen Flächen ausgeräumt sind und dort solche Strukturelemente fehlen. Diese wären für viele Arten ein Brückenkopf zu weiteren Lebensräumen und ein wichtiger Bestandteil der vom Bund angestrebten funktionsfähigen ökologischen Vernetzung, die Gebiete mit einer hohen Anzahl von Arten und Lebensräumen über Schutz- und Vernetzungszonen miteinander verbinden soll. Um diese Ziele zu erreichen, sind ein integratives Wald- und Landschaftsmanagement (Krumm et al. 2020) und eine enge Zusammenarbeit der Vertreterinnen und Vertreter von Wald- und Landwirtschaft sowie des Naturschutzes erforderlich.

In der Schweiz werden 90 % der Wälder natürlich verjüngt, d. h., die Jungbäume entstehen durch natürliche Ansammlung. Die Naturverjüngung trägt zu einer hohen genetischen Vielfalt der Bäume bei, welche die Anpassung des Waldes an den Klimawandel begünstigt. Gebietsweise zu hohe Wildbestände beeinträchtigen jedoch die Naturverjüngung und das natürliche Anpassungspotenzial des Waldes, indem die Tiere die Jungbäume ökologisch wertvoller Baumarten verbeissen.

Ebenso wichtig für den klimaangepassten Wald ist eine ausreichende Baumartenvielfalt, sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht. Denn Mischwälder mit hoher Baumartenvielfalt sind einerseits widerstandsfähiger gegenüber den Folgen des Klimawandels, andererseits ist in Mischwäldern das ökonomische Risiko von Verlusten nach Störungen wie Windwurf oder Borkenkäferbefall auf verschiedene Baumarten verteilt. Um angesichts des Klimawandels die vielfältigen Waldeleistungen und insbesondere die Holzversorgung zu sichern, könnten im Schweizer Wald zukunftsfähige, heute noch seltene einheimische und nicht einheimische Baumarten an Bedeutung gewinnen. Die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen solcher Beimischungen werden vertieft erforscht. Sie sind jedoch noch schwer abschätzbar.

Eingeschränkter Handlungsspielraum beim Schutzwald

Landesweit sind 44 % der Waldfläche als Schutzwald ausgeschieden. Er schützt Menschen und Infrastrukturen vor Naturgefahren wie Lawinen, Steinschlag, Rutschungen und Murgängen. Schutzwälder sind eine kostengünstige Präventionsmassnahme und ein zentrales Element des

integralen Risikomanagements. Ohne sie wäre ein Leben im Gebirge kaum vorstellbar. Auch in tieferen Lagen und im Mittelland gibt es Schutzwälder. Zudem filtert ein gesunder Waldboden das Sickerwasser und erhöht so die Trinkwasserqualität.

Der Schutzwald wird immer wichtiger, weil die Bevölkerung und mit ihr die zu schützende Infrastruktur wächst und weil Naturgefahren wie Steinschlag infolge des Klimawandels zunehmen. Doch die Klimawandelfolgen schädigen ihrerseits den Schutzwald. Nach den Hitze- und Trockensommern 2018 und 2022 litten die subalpinen Gebirgswälder massiv unter Trockenstress. In den höheren Lagen verursachten Borkenkäferbefälle hohe Schäden an den Nadelwäldern (Dubach et al. 2023). Jedoch kann nur ein Wald in gutem Zustand den Schutz langfristig gewährleisten. Er muss erstens dicht genug mit gesunden Bäumen bestockt sein, zweitens ist eine ausreichende Waldverjüngung unabdingbar, damit die jungen Bäume die Schutzfunktion lückenlos übernehmen können, wenn alte Bäume absterben oder geerntet werden. Beides bedingt eine minimale Schutzwaldpflege, wie sie im Waldgesetz verankert ist und deren Umsetzung von Bund und Kantonen konkretisiert wurde (BAFU 2024). Die Schutzwaldpflege zur langfristigen Sicherung der Schutzwirkung wird wegen des Klimawandels eine immer grössere Herausforderung.

In der letzten Dekade wurden landesweit 17 % der Schutzwaldfläche gepflegt. Insgesamt sind die Schutzwälder in dieser Zeit vielerorts dichter geworden. Kurzfristig erhöht sich dadurch zwar die Schutzwirkung, langfristig kann die Verdichtung jedoch negative Folgen haben, weil die Wälder dunkler und homogener werden. Im Alpenraum sind bereits rund 40 % der Schutzwälder einschichtig. Die geringe Lichtverfügbarkeit in den zunehmend dichter werdenden Beständen und ein gebietsweise hoher Wildverbiss der Jungbäume verhindern die ausreichende Verjüngung unter dem Schirm des Hauptbestandes. Der Anteil des Schutzwaldes mit wenig Nachwuchs hat in der letzten Dekade zugenommen, er macht bereits 30 % aus. Besonders betroffen vom Wildverbiss sind Jungbäume von Tannen, Ahorn und Eichen – also Arten, die als Zukunftsbaumarten gelten und deshalb gefördert werden sollten. Dies kann die Schutzwirkung gebietsweise gefährden. Daher müssen rasch regional abgestimmte Massnahmen ergriffen werden. Die waldbaulichen Eingriffe und die

Regulation der Wildbestände müssen sorgfältig mit den Vertreterinnen und Vertretern von Jagd und Naturschutz abgestimmt werden.

Die Auswirkungen des Klimawandels erfordern eine Anpassung sowohl der Schutzwälder selber als auch ihrer Bewirtschaftung. Dies ist in Schutzwäldern besonders herausfordernd, weil sie sich oft in höheren Lagen befinden, wo die Auswahl der Baumarten eingeschränkt ist. Die Bewirtschaftung der Schutzwälder muss so erfolgen, dass die Schutzwirkung dauerhaft gewährleistet ist. Infolgedessen sind Eingriffen und Versuchen, z. B. mit standortfremden oder nicht einheimischen Baumarten, Grenzen gesetzt. Entscheidend ist vielmehr die ausreichende Vorverjüngung. Zudem erhöht im Wald belassenes Totholz mit seiner Bremswirkung den Restschutz gegenüber Lawinen, Steinschlag und Rutschungen über Jahrzehnte und fördert die Waldverjüngung sowie strukturreichere Bestände (Bebi et al. 2023).

Sicherung der Holzversorgung und -verarbeitung

Erstmals seit Jahrzehnten ist in der letzten Dekade der Zuwachs des Holzvolumens im Vergleich zu früheren Erhebungen regional gesunken. Der Bruttozuwachs, der den Zuwachs der lebenden Bäume und das Volumen der Abgänge (stehende sowie liegende tote Bäume und aus dem Wald entfernte Bäume) umfasst, hat gegenüber der vorangegangenen Dekade um 2,2 % abgenommen. Die Mortalität der Bäume ist massiv gestiegen und beträgt mittlerweile 25 % des Bruttozuwachses. Der Nettozuwachs, der nur die Veränderung bei den lebenden Bäumen umfasst, ist sogar um 13 % gefallen. Die reguläre Nutzung von Bäumen hat landesweit leicht abgenommen.

Ein Indikator für die nachhaltige Nutzung der Ressource Holz ist das Verhältnis der Nutzung zum Nettozuwachs. Eine nachhaltige Nutzung bedeutet, langfristig gleich viel Holz zu nutzen, wie nachwächst. Dies ist der Fall, wenn die durchschnittliche Nutzung über Jahrzehnte 100 % des Nettozuwachses ausmacht. Wegen des aktuellen Zuwachsrückgangs ist das Verhältnis der Nutzung zum Nettozuwachs in der letzten Dekade landesweit tendenziell auf 89 % leicht angestiegen. Im Jura und im Mittelland übersteigt die Nutzung den Nettozuwachs mittlerweile sogar deutlich, was zum Abbau der Holzvorräte führt, die sich aufgrund zu geringer Nutzung über Jahrzehnte

angehäuft haben. In den Alpen und auf der Alpensüdseite ist die Nutzung nach wie vor geringer. Somit sind hier auch die Vorräte hoch. Damit bestehen immer noch je nach Region unterschiedlich hohe Potenziale an verfügbarem Holz. Diese Potenziale liegen in Beständen, die bis zum Nettozuwachs intensiver genutzt werden könnten, in aktuell noch hohen Vorräten, in Holz aus dringenden Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel und dort, wo Holz bei der bisherigen Waldbewirtschaftung liegen gelassen wurde.

Die Nachfrage nach Holz hat stark zugenommen. Der Holzendverbrauch ist im Vergleich zur vorangegangenen Dekade um über 15 % gestiegen. Die Nutzung von Holz als Teil der Kreislaufwirtschaft ist erwünscht und kann einen wichtigen Beitrag zum Netto-Null-Ziel leisten, das die Schweiz bis 2050 erreichen soll. Doch die Versorgung des Holzmarktes wird für die Waldwirtschaft künftig zu einer Herausforderung.

Lange Zeit wurde über die Hälfte des im Wald geernteten Holzes stofflich genutzt, d. h., es wurde in Möbeln oder Gebäuden verbaut. In der letzten Dekade ist die stoffliche Nutzung jedoch von 52 % auf 41 % gesunken, dafür ist die energetische Nutzung (bei der das Holz zur Gewinnung von Wärme oder Strom verbrannt wird) auf rund 56 % angewachsen. Der Gesamtenergieholzverbrauch betrug 2021 rund 5,8 Millionen Kubikmeter Holz, wovon knapp die Hälfte im Wald geerntet wurde. Der Rest stammte aus Flurholz, aus Restholz der Holzverarbeitung sowie aus Altholz, das zuvor anderweitig verwendet worden war. Zudem wurden aufgrund der steigenden Nachfrage nach erneuerbarer Energie im Jahr 2022 erstmals rund 346 000 Tonnen Brennholzprodukte importiert. Der Anteil der Holzenergie am gesamten Endenergieverbrauch macht mittlerweile knapp 6 % aus. Holz ist in der Schweiz nach der Wasserkraft der zweitwichtigste erneuerbare Energieträger.

Heute wird bereits bis zu 70 % des Laubholzes, das im Wald geerntet wird, energetisch genutzt. Der Anteil könnte sich wegen des steigenden Bedarfs an Energieholz noch weiter erhöhen. Diese Mengen können in der Folge nicht mehr als Bauholz verwendet werden. Die direkte Verbrennung von im Wald geerntetem Holz, das eigentlich stofflichen Nutzungen zugeführt werden könnte, ist aus Gründen des Klimaschutzes, der Ressourceneffizienz und

der tieferen Wertschöpfung unerwünscht. Zwar bewirkt eine energetische Nutzung der erneuerbaren Ressource Holz einen Substitutionseffekt, wenn dafür weniger fossile Brennstoffe verfeuert werden. Doch wird so kein zusätzlicher Kohlenstoff aus der Atmosphäre gebunden. Wird das Waldholz hingegen stofflich genutzt und verbaut, bleibt der Kohlenstoff längerfristig gespeichert. Deshalb strebt die Schweiz die Kaskadennutzung an (BAFU 2021b). Sie besagt, dass das Waldholz zuerst stofflich genutzt und erst am Ende seines Lebenszyklus verbrannt werden soll, z. B. als Altholz aus Gebäuden oder Möbeln.

Die Holzbranche verarbeitet hauptsächlich Nadelholz. Wenn dieses knapper wird, weil die Produktion von Fichtenholz in den tieferen Lagen wegen der Auswirkungen des Klimawandels einbricht, muss sich die Branche anpassen. Dabei hat sie drei Optionen. Sie kann einerseits auf Laubholz umstellen, was jedoch eine grundlegende Anpassung der Holzverarbeitungskette bedingt. Eine andere Strategie könnte mehr Nadelholzimport sein. Dies widerspricht jedoch dem Ziel der Stärkung der Wertschöpfungskette, das aus umwelt- und klimapolitischen Gründen wie auch aus volkswirtschaftlicher Sicht anzustreben ist.

Die dritte Option wäre eine intensivere Nutzung von Nadelholz aus Schweizer Wäldern. Doch auch dieser Strategie sind Grenzen gesetzt. Momentan ist eine verstärkte Nutzung nur in den Alpen und auf der Alpensüdseite denkbar. Hier liegen die grössten Nadelholzreserven, und die Nutzung ist im Gegensatz zum Mittelland oder zum Jura noch viel kleiner als der Zuwachs. Wegen des unwegsamen Geländes und der schlechten Erschliessung sind in den Alpen und auf der Alpensüdseite die Kosten der Ernte und des Abtransports viel höher als in den anderen Produktionsregionen. Die entscheidenden Fragen sind deshalb, ob trotz Klimawandel mit dem adaptiven naturnahen Waldbau überhaupt genügend Holz produziert werden kann und ob sich die Holzproduktion im Inland wirtschaftlich lohnt und gleichzeitig ökologisch vertretbar ist. Müssen alternative, nicht einheimische Baumarten wie z. B. die Douglasie beigemischt werden, um im Mittelland, im Jura und in den Voralpen auch künftig Nadelholz zu produzieren? Sollen, ergänzend zur etablierten naturnahen Bewirtschaftung, Systeme mit kurzen Umtriebszeiten und Plantagenforstwirtschaft in kleinem Umfang in Betracht gezogen werden? Und wenn ja, an welchen Standorten,

in welchem Umfang und mit welchen Baumarten? Wie müssten dabei Ausgleichsmassnahmen für die Biodiversität und andere Waldleistungen, die durch den Betrieb solcher intensiveren Nutzungseinheiten eingeschränkt würden, ausgestaltet sein? Diese Fragen sind weitgehend unbeantwortet. Unter dem Szenario einer steigenden Nachfrage nach Holz in der Schweiz und weltweit wird es sich auch künftig lohnen, im Mischwald wirtschaftlich nutzbare Baumarten zu berücksichtigen. In Betracht gezogen werden sollte auch, dass das Inlandangebot der Ressource Holz zudem zur Sicherung der inländischen Wertschöpfung von der Verarbeitung des geernteten Holzes bis zu den Holzprodukten beiträgt. Darüber hinaus würden weniger Emissionen durch Transporte generiert, und die Konsumentinnen und Konsumenten hätten die Gewissheit, dass das Holz aus nachhaltiger Produktion stammt.

Herausforderungen für die Waldwirtschaft

Die einschneidenden Veränderungen im Wald stellen auch die Waldeigentümerinnen und -eigentümer sowie die Forstbetriebe, die den Wald bewirtschaften, vor grosse Herausforderungen. In der Schweiz gehören rund 71 % der gesamten Waldfläche öffentlich-rechtlichen Waldbesitzenden, die durchschnittlich 265 Hektaren besitzen. Die restlichen 29 % gehören Privaten, die eine durchschnittliche Fläche von nur 1,5 Hektaren besitzen. Diese kleinstrukturierten Besitzverhältnisse erzeugen eine Vielfalt von Bewirtschaftungsarten, doch sie erschweren die Koordination der angesichts des Klimawandels vermehrt erforderlichen Massnahmen.

Rund die Hälfte der Forstbetriebe schreiben heute schwarze Zahlen. Der durchschnittliche jährliche Verlust der Forstbetriebe insgesamt ist von 58 Millionen Franken im Jahr 2012 auf 6,5 Millionen Franken im Jahr 2021 gesunken, weil die Holzpreise seit 2020 deutlich gestiegen sind. Die wichtigste Einnahmequelle war nach wie vor der Holzerlös, gefolgt von der durch die öffentliche Hand geförderten Schutzwaldbewirtschaftung.

Viele Leistungen, die der Wald für die Öffentlichkeit oder spezifische Interessengruppen erbringt, werden den Waldbesitzenden sowie den Forstbetrieben nicht abgegolten. So wird der Wald angesichts des Bevölkerungswachstums, der zunehmenden Verdichtung in den Städten und der

Entwicklung zur Freizeitgesellschaft vermehrt als Erholungsraum genutzt. Dies kann massive Mehrkosten verursachen. Demgegenüber könnten die Vergütung von Freizeitaktivitäten oder der Verkauf von Klimazertifikaten zusätzliche Einkommensquellen bilden. Nichtholz-Waldprodukte wie Pilze, Waldhonig, Weihnachtsbäume, Kastanien und das Fleisch von Wildtieren, das Wildbret, erfreuen sich zunehmender Beliebtheit. Dadurch wird die Planung waldwirtschaftlicher Massnahmen immer komplexer und ist darüber hinaus wegen der raschen klimabedingten Veränderungen mit Unsicherheiten behaftet. Modernste Technologien der Fernerkundung (Lidar, Satellitendaten) für die Zustandserfassung im Wald, Entscheidungshilfen und Simulationsmodelle, die mit künstlicher Intelligenz optimiert sind, oder neue Verfahren zur Nachverfolgung der Lieferkette sowie die Fortschritte in der Digitalisierung können helfen, flexible und zuverlässige Konzepte wie z. B. neue Zertifizierungsansätze in die Waldplanung zu integrieren.



Fazit: Umbruch im Schweizer Wald

Der Waldbericht zeigt auf, dass der Wald, die Waldbewirtschaftung und die Wertschöpfungskette Wald und Holz im Umbruch sind. Die sich verändernden ökologischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen haben grosse Herausforderungen zur Folge. In diesem Fazit werden die fachlichen Folgerungen aus den im Waldbericht präsentierten Ergebnissen für den Bereich Wald und Holz aufgezeigt. Die daraus entstehenden Fragen können nur im Dialog aller Interessengruppen beantwortet werden. Kombiniert mit einem wachsenden Interesse breiter Bevölkerungsschichten am Wald, bietet sich die Chance, bisherige Standpunkte, Konzepte und Abläufe zu überdenken und anzupassen. So könnte die Wald- und Holzwirtschaft ein wichtiges Element der Kreislaufwirtschaft werden und so die Ziele der Umwelt- und Klimapolitik des Bundes unterstützen. Doch nur wenn es uns als Gesellschaft gelingt, die Rahmenbedingungen zu schaffen, damit sich der Wald dem Klimawandel anpassen kann, können diese Herausforderungen bewältigt werden.

Um die **Handlungsspielräume für die Zukunft** offenzuhalten, ist eine ausreichende Baumartenvielfalt erforderlich. Mit Naturverjüngung und gezielten ergänzenden Pflanzungen können Zukunftsbaumarten herangezogen werden, welche die Anpassungsfähigkeit des Waldes insgesamt erhöhen. Dabei sollten in erster Priorität einheimische Baumarten gefördert werden. In zweiter Priorität kann auf Herkünfte einheimischer Arten aus trockeneren und wärmeren Gebieten zurückgegriffen werden, z. B. Buchen aus Süditalien. Erst in dritter Priorität sollten nicht invasive nicht einheimische Baumarten in Betracht gezogen werden. Allfällige Verschiebungen und Erweiterungen der Baumartenzusammensetzung sollten in Experimenten geprüft und die Auswirkungen auf die zu erbringenden Waldleistungen und die Biodiversität mit Simulationsmodellen abgeschätzt werden.

Die Weiterentwicklung des naturnahen Waldbaus unterstützt die Anpassung des Waldes an den Klimawandel und fördert die biologische Vielfalt, die Baumartenvielfalt und auch die Strukturvielfalt. Ein solcher adaptiver Waldbau integriert Störungen von vornherein in die Planung und etabliert in der Waldbewirtschaftung gezielte Massnahmen zur Förderung der Artenvielfalt, z. B. das Belassen von Totholz und Habitatbäumen im Wald oder die Ausscheidung

von Waldreservaten. Ob und in welchen Bewirtschaftungsformen nicht einheimische Baumarten beigemischt werden können, ist zu klären, wobei die Sicherung der künftigen Versorgung mit stofflich nutzbarem Holz, darunter auch Nadelholz, eine Schlüsselrolle spielt. Neben dem adaptiven naturnahen Waldbau sollte vermehrt die **integrative Waldbewirtschaftung** umgesetzt werden, die unterschiedliche Waldleistungen gleichzeitig fördert. Der Wald sollte als Teil der Landschaft betrachtet werden, der unterschiedliche Lebensräume landesweit vernetzt.

Die **Wertschöpfungskette Wald und Holz** von der Produktion der Rohstoffe über deren Verarbeitung bis zur Verwendung der Produkte wird sich künftig an die veränderten Bedingungen anpassen müssen. Der Klimawandel wird gebietsweise zu Verschiebungen der Baumartenanteile führen. Je nach Region können dürreresistentere Laubholzarten profitieren, und der Nadelholzanteil dürfte entsprechend abnehmen. Dies kann zu einer Herausforderung werden für die Lieferkette, die sich derzeit stark auf Nadelholz abstützt, insbesondere für Bauholz. Neue Holzarten und -sortimente bedingen neue technische Verfahren und Holzprodukte, angepasste Einsatzbereiche und neue Branchennetzwerke, die diese Produkte auch einsetzen.

Die anstehenden Veränderungen bergen **Zielkonflikte bei der Waldbewirtschaftung** in sich. Ein Zielkonflikt besteht z. B. zwischen der steigenden Nachfrage nach Energieholz und der Forderung des Lebensraum- und Artenschutzes nach mehr Totholz, Altholzinseln und Habitatbäumen im Wald. Damit der Wald die verschiedenen Leistungen unter dem Prinzip der Multifunktionalität des Waldes bereitstellen kann, müssen die Konfliktfelder frühzeitig erkannt und in die forstliche Planung integriert werden. So können Lösungen entstehen, die auf Synergien statt auf Gegensätze ausgerichtet sind.

Im Spannungsfeld **Wald-Wild-Landwirtschaft-Naturschutz** liegende Interessenkonflikte wie der gebietsweise deutlich zu hohe Wildverbiss mit negativen Auswirkungen auf die Waldfunktionen müssen stufengerecht und ganzheitlich gelöst werden. So richten z. B. Grossraubtiere wie der Wolf zwar einerseits Schäden an Nutztieren an, tragen andererseits aber zur Regulierung der Wildbestände im Wald bei und helfen so den übermässigen Wildverbiss zu

reduzieren (Kupferschmid und Bollmann 2016). Risiken und Nutzen einer solchen Regulierung sollten von den Interessengruppen gemeinsam und konstruktiv vor Ort abgewogen werden.

Um die Herausforderungen zu bewältigen, sind **langfristige und regelmässige Umweltmonitorings** unerlässlich. Sie zeigen den Zustand und die Entwicklung des Waldes auf, wodurch Veränderungen und deren Ursachen frühzeitig erkannt werden können (Ferretti et al. 2024). Auf dieser Basis müssen die Vertreterinnen und Vertreter aller Interessengruppen den Dialog verstärken, um gemeinsam zukunftsfähige Wege zu erarbeiten. In einigen Bereichen werden die Veränderungen Systemanpassungen erfordern, die von Praxis, Forschung und Verwaltung und vor allem auch in der Aus- und Weiterbildung zeitnah aufgegriffen werden müssen. So kann der Schweizer Wald auch in Zukunft die Leistungen erbringen, die den Bedürfnissen der Gesellschaft gerecht werden.

Folgerungen

Michael Husistein, Alexandra Strauss, Michael Reinhard

Das Kapitel «Folgerungen» ist eine Zusammenfassung für die Entscheidungsgremien aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Die Folgerungen basieren auf den Erkenntnissen der Fachkapitel sowie auf der Synthese und dem dazugehörigen Fazit im Waldbericht 2025.

Politische Rahmenbedingungen

Mit der Waldpolitik 2020, dem Bericht «Waldpolitik: Ziele und Massnahmen 2021–2024» und der Ressourcenpolitik Holz 2030 hat der Bund die strategische Ausrichtung der letzten zehn Jahre gestaltet. Dazu gehörte die Ergänzung zum Waldgesetz, die am 1. Januar 2017 in Kraft trat. Dieser Meilenstein war verbunden mit Ergänzungen zur Anpassung des Waldes an den Klimawandel, zum Schutz des Waldes vor Schadorganismen und zur Förderung der Holzverarbeitung und -verwendung. 2025 folgt die «Integrale Wald- und Holzstrategie 2050» des Bundesrates, welche diese Politiken zusammenführt.

Veränderte Umweltbedingungen

Der Klimawandel wird die Bedingungen für das Ökosystem Wald zunehmend verändern. Bereits heute setzen Extremereignisse wie Trockenheit, Stürme und Waldbrände, in Kombination mit Schadorganismen und hohen Stickstoffeinträgen, dem Wald sichtbar zu. Betroffen sind somit auch die Schutzwälder sowie die Lebensräume zahlreicher Tier- und Pflanzenarten. Die Nachfrage nach der nachwachsenden, aber limitierten Ressource Holz nimmt zu. Wegen der Klimaänderung wird auf dem Holzmarkt künftig mehr Laubholz verfügbar sein. Auch die Freizeit- und Erholungsnutzung und die damit verbundenen Ansprüche an den Wald nehmen zu. Die zentrale Frage ist: Gelingt es, das Ökosystem Wald so weit zu unterstützen, dass es unter den sich rasch ändernden Bedingungen seine für die Gesellschaft wichtigen Leistungen erbringen kann? Der Waldbericht zeigt, dass die vielfältigen Funktionen des Waldes bei fortschreitendem Klimawandel wichtiger werden. Synergien und allfällige Zielkonflikte sind zu identifizieren und vertieft auf Wechselwirkungen hin zu analysieren. Daraus abgeleitet sind abgestimmte und stufengerechte Massnahmen (national, kantonal und regional) auszuarbeiten.

Erhalt des Ökosystems Wald

Um den Wald als resilientes und anpassungsfähiges Ökosystem auch im globalen Wandel zu erhalten, müssen folgende Herausforderungen gemeistert werden:

- Die **Anpassungsfähigkeit des Waldes an den Klimawandel** muss sichergestellt werden. Eine zentrale Rolle spielt die Verjüngung, die standortgerecht und geeignet für die künftigen klimatischen Bedingungen sein soll. Dies bedingt Verjüngungsschläge und darauffolgend eine regelmässige Waldpflege. Auch mit jagdlichen (Regulierung des Wildbestandes zur Reduktion des Wildverbisses) und waldbaulichen Massnahmen (Lebensraumaufwertung) muss eine ausreichende Verjüngung sichergestellt werden. Eine Waldbewirtschaftung, welche die Vielfalt von Waldstrukturen und Baumarten sowie die genetische Vielfalt der Bäume fördert, unterstützt die Anpassungsfähigkeit und reduziert die Risiken von Waldschäden nach Störungen und Extremereignissen. Je nach Waldbestand und Standort kann auch eine Verkürzung der Umtriebszeit das Risiko reduzieren. Waldbestände mit besonders hoher Klimasensitivität sollen identifiziert und in der Bewirtschaftung gezielt berücksichtigt werden.
- Die **Waldfläche soll in ihrer räumlichen Verteilung** erhalten bleiben. Das gesetzlich verankerte Walderhaltungsgebot ist aufrechtzuerhalten. Insbesondere im Mittelland und in den Talebenen ist der Erhaltung der Waldfläche und damit der Leistungen des Waldes für die Gesellschaft bei zunehmend konkurrierenden Raumansprüchen ein hoher Stellenwert beizumessen.
- Die positiven Entwicklungen in der **Waldbiodiversität** sind zu bewahren, besonders im Hinblick auf den ausserhalb des Waldes vorherrschenden Biodiversitätsverlust. Dies bedingt die Lebensraumaufwertung mit Waldreservaten, lichten Wäldern, Totholz und hochwertigen Waldrändern. Regionale Defizite sind zu beheben. Wichtig für die Anpassungsfähigkeit der Artengemeinschaften an den Klimawandel sind der Aufbau und die Weiterentwicklung von vernetzten, wertvollen Lebensräumen im Wald selbst und mit den angrenzenden Ökosystemen.
- **Vitalität und Gesundheit der Wälder** müssen gestärkt werden. Viele Stressfaktoren werden künftig häufiger und

auch in unterschiedlichen Kombinationen auftreten. Beeinflussbare Faktoren wie Treibhausgasemissionen, zu hohe Stickstoffeinträge, die Verbreitung von Schadorganismen und von Menschen verursachte Waldbrände müssen reduziert werden. Um diese Faktoren zu vermeiden oder zu reduzieren und um eine mögliche Ereignisbewältigung vorzubereiten, sind griffige Massnahmen erforderlich.

Sicherstellung der Waldfunktionen

Nur wenn es gelingt, diese Herausforderungen zu meistern, wird der Wald seine Funktionen weiterhin und unter Wahrung der nachhaltigen Waldbewirtschaftung und der Multifunktionalität erfüllen können. Folgende Leistungen sind besonders relevant:

- **Schutzwälder** schützen Menschen und Infrastrukturen vor Naturgefahren. Pflegemassnahmen in Schutzwäldern haben das Ziel, die geforderte Schutzwirkung langfristig zu gewährleisten, auch unter verändertem Klima. Schlüsselfaktoren sind eine artenreiche, klimaangepasste Verjüngung sowie vielfältig strukturierte Bestände. Aber in immer mehr Schutzwäldern fehlt die ausreichende Verjüngung, und viele Bestände haben zu wenig Struktur. Die Wälder sind dadurch störungsanfällig. Damit die Schutzwälder ihre Leistung langfristig erbringen können, sind zeitnahe Pflegemassnahmen und auf die regionalen Gegebenheiten abgestimmte Massnahmen zur Klimaanpassung und für ein effektives Wald-Wild-Management erforderlich.
- Die Entwicklung hin zur Kreislaufwirtschaft und Bioökonomie erhöht die Nachfrage nach der **Ressource Holz**. Umso wichtiger sind eine nachhaltige Nutzung und die ressourceneffiziente Verwertung nach dem Kaskadenprinzip. Dieses Prinzip besagt, dass die Ressource Holz erst energetisch genutzt werden soll, wenn sie stofflich nicht mehr verwertet werden kann. Die Kaskadennutzung ist sowohl aus ökologischen wie auch aus ökonomischen Gründen sinnvoll, bedingt aber eine geschlossene, eigenverantwortliche, leistungsfähige und innovative Wertschöpfungskette, die Konzepte für veränderte Holzvorkommen mit mehr Laubholz und neue holzbasierte Produkte entwickeln kann. Um das zu erreichen, müssen Rahmenbedingungen für eine ausreichende Planungs- und Investitionssicherheit geschaffen und die Finanzierung der Forschung bis hin zu Pilotprojekten sichergestellt werden.
- Die Waldbewirtschaftung und die Holzverwendung leisten einen **Beitrag zum Klimaschutz** durch die Speicherung von CO₂ im Wald (Kohlenstoff-Sequestrierung) und in Holzprodukten (Kohlenstoffspeicherung im Holz und stoffliche Substitution von klimaschädlicheren Werkstoffen) sowie durch den Ersatz von CO₂-intensiveren Energieträgern durch Holz bei der energetischen Nutzung (energetische Substitution). Diese Klimaleistungen müssen unter Berücksichtigung des Kaskadenprinzips gestärkt werden. Die in der Wald- und Holzwirtschaft Tätigen sollten innerhalb der möglichen Instrumente zielführende Projekte entwickeln.
- Die Bedeutung des **Waldes als Freizeit- und Erholungsraum** für die Menschen nimmt zu. Insbesondere in und um die Städte werden Grünräume immer häufiger genutzt. Das Erbringen dieser Leistungen bedingt eine sorgfältige Abstimmung der Interessen. Die durch diese Nutzung entstehenden Mehraufwände oder Mindererträge sind abzugelten.

Der Weg in die Zukunft

Die Erkenntnisse aus dem Waldbericht 2025 werden in die «Integrale Wald- und Holzstrategie 2050» einfließen. Diese Strategie schlägt Massnahmen für alle Handlungsfelder vor und zeigt die Ausrichtung für den Bereich Wald und Holz auf. Sie orientiert sich an einem Gleichgewicht von Schutz- und Nutzungsaspekten und berücksichtigt die Sektoralpolitiken wie Klima, Energie, Biodiversität, Raumplanung und Kreislaufwirtschaft. Die «Integrale Wald- und Holzstrategie 2050» basiert auf dem Grundsatz der Verbundaufgabe von Bund und Kantonen und bezieht alle relevanten Interessengruppen im Bereich Wald und Holz ein. Die Politik ist gefordert, die Rahmenbedingungen für einen an den Klimawandel angepassten, gesunden Wald zu schaffen. Die gute Abstimmung und die konstruktive Zusammenarbeit zwischen Politik, Behörden, Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft sind dafür wichtige Voraussetzungen.

Datengrundlage

Christoph Fischer, Alexandra Strauss

Umfassendes Langzeitmonitoring

Der Waldbericht zeichnet sich durch eine ausserordentlich breite Datengrundlage aus Langzeiterhebungen und durch eine stringente Interpretation dieser Daten aus, die sich nach den standardisierten und anerkannten Indikatoren von Forest Europe (Forest Europe 2020) richtet. Die umfassend konzipierte Datenbasis, die internationale Vergleichbarkeit der Resultate und ihre Einbettung in die relevanten Fragestellungen haben den Waldbericht als Referenzpublikation im Bereich Wald und Holz etabliert. Berücksichtigt wurden die Daten, die bis Juli 2023 verfügbar waren.

Am Waldbericht 2025 haben rund neunzig Expertinnen und Experten mitgewirkt. Er ist in sechs Fachkapitel strukturiert, die den von Forest Europe definierten Kriterien einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung entsprechen. Die Fachkapitel sind in Unterkapitel aufgeteilt, die den Indikatoren von Forest Europe entsprechen. Um auf landesspezifische

Aspekte des Schweizer Waldes einzugehen, weicht der Waldbericht 2025 punktuell von dieser Struktur ab. So wurde u. a. in Kapitel 2 das Unterkapitel 2.5, «Einfluss des Klimawandels auf Gesundheit und Vitalität», eingeführt.

Die langfristig erhobenen Daten und ihre Interpretation über das gesamte Spektrum der Indikatoren erlauben eine fundierte Beurteilung der Nachhaltigkeit der Waldbewirtschaftung. Nachfolgend werden die Erhebungen, auf die sich der Waldbericht 2025 stützt, vorgestellt und charakterisiert.

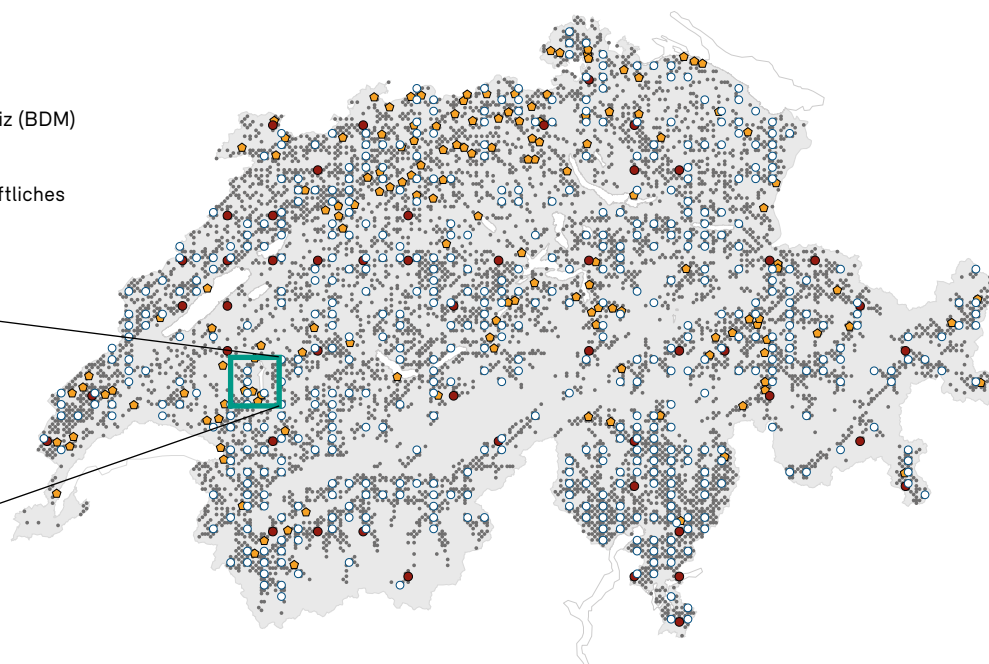
Legende

-  Statistische Erhebung
-  Umfrage
-  Feldbeobachtung oder -messung

Abbildung 0.4.1

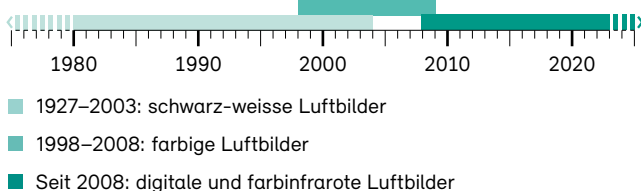
Landesweite Erhebungen.

- Landesforstinventar (LFI)
- Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM)
- Sanasilva-Inventur
- ◆ Forststatistik und forstwirtschaftliches Testbetriebsnetz (TBN)



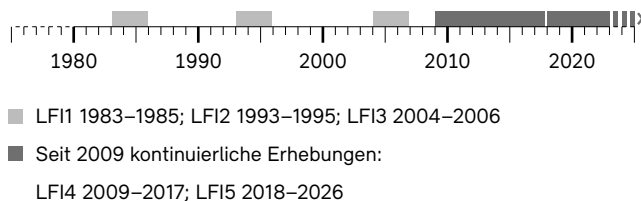
Fernerkundung

Auswertung von Swisstopo-Luftbildern durch die WSL zur Erforschung der Wald- und Landschaftsentwicklungen.



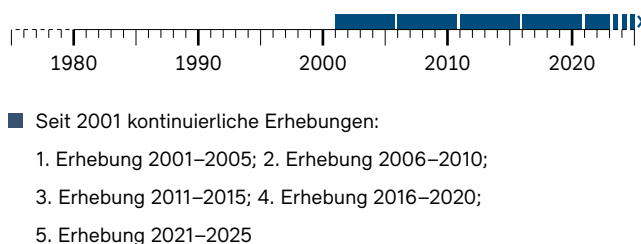
Landesforstinventar (LFI)

Erfasst Zustand und Veränderungen des Schweizer Waldes auf rund 6700 Probeflächen.



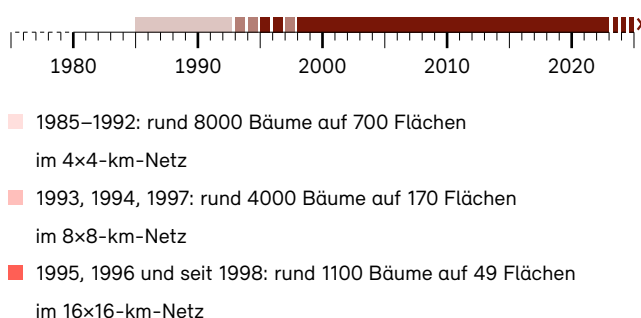
Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM)

Überwacht Entwicklung der Waldbiodiversität anhand einer Stichprobe des LFI.



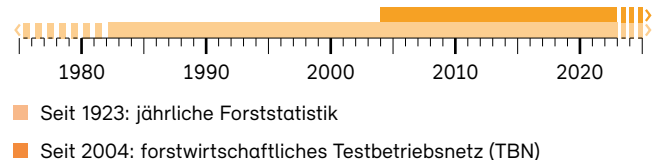
Sanasilva-Inventur

Erfasst Gesundheitszustand der Bäume (Kronenverlichtung und Mortalität) anhand einer Stichprobe des LFI.



Forststatistik und forstwirtschaftliches Testbetriebsnetz (TBN)

Vollerhebung bei allen Waldbesitzenden (Forststatistik) sowie Stichprobe bei 160 öffentlichen Forstbetrieben (TBN).



Nicht auf Abbildung 0.4.1 dargestellt:

InfoSpecies

Dachorganisation im Bereich Artenförderung. Erfasst systematisch Verbreitung und Vorkommen von Tier-, Pflanzen- und Pilzarten sowie Meldungen von ehrenamtlichen Mitarbeitenden.

- 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)

Untersucht Einstellungen der Bevölkerung zum Wald mit repräsentativen Haushaltsbefragungen.

- 1978: Vorläuferstudie Hertig
- 1997: WaMos 1
- 2010: WaMos 2
- 2020: WaMos 3

Arealstatistik

Erhebt auf einem 100×100-m-Stichprobennetz Informationen über Bodennutzung und -bedeckung.

- AREA 1 1979–1985; AREA 2 1992–1997; AREA 3 2004–2009; AREA 4 2013–2018; AREA 5 2020–2025

Waldschutz Schweiz

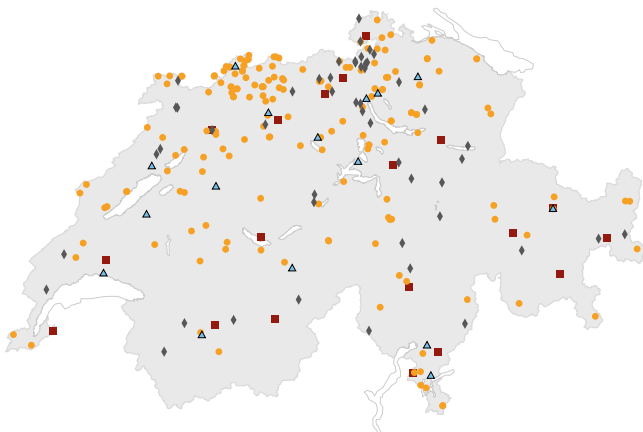
Erfasst Beeinträchtigungen des Waldes durch Frostschäden und Schadorganismen (Insekten, Pilze, Wild).

- Seit 1984

Abbildung 0.4.2

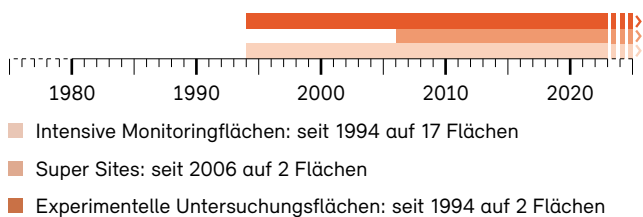
Gezielte Erhebungen auf ausgewählten Flächen.

- Langfristige Waldökosystemforschung (LWF)
- Interkantonale Walddauerbeobachtung (WDB)
- ◆ Wirkungskontrolle Naturwaldreservate (NWR)
- ▲ Nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (NABEL)



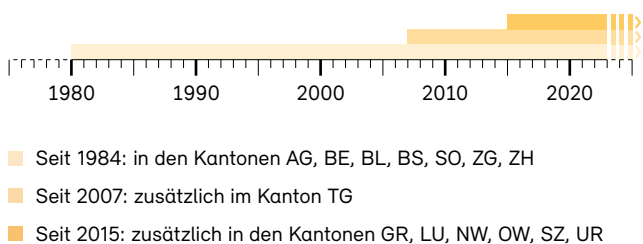
■ Langfristige Waldökosystemforschung (LWF)

Untersucht Auswirkungen der Luftbelastung und der Klimaveränderungen auf den Wald.



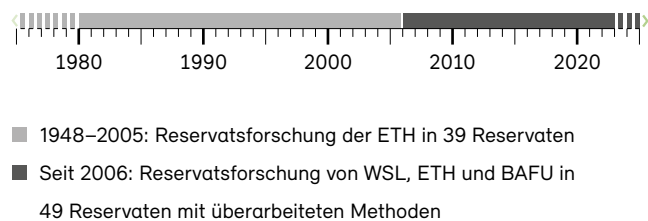
● Interkantonale Walddauerbeobachtung (WDB)

Erfasst und dokumentiert Gesundheit und Vitalität des Waldes auf 188 Beobachtungsflächen.



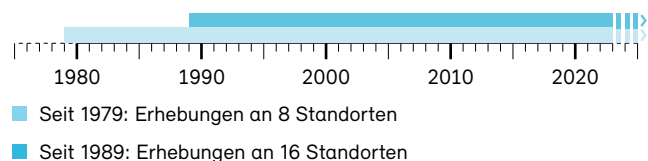
◆ Monitoring Naturwaldreservate Schweiz

Erfasst und evaluiert seit 1948 die Entwicklung des Waldes in Reservaten.



▲ Das Nationale Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (NABEL)

Misst die Luftverschmutzung an 16 unterschiedlichen Standorten (Stadtzentrum, ländliche Gebiete, Hochgebirge).



Weitere Datengrundlagen des Waldberichts 2025

- |||| Rodungsstatistik: bewilligte Rodungen
- |||| Jagdstatistik: Entwicklung der Tierbestände
- |||| Nationale Grundwasserbeobachtung (NAQUA)
- |||| Waldbranddatenbank WSL Swissfire database
- |||| Artenmonitoring in Naturwaldreservaten: Erhebung xylobionter Arten als Indikatoren für die Naturnähe
- |||| Holzenergiestatistik: holzbetriebene Feuerungen
- |||| Statistik der Unternehmensstruktur: basierend auf Registern der AHV-Ausgleichskassen
- |||| Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES): rund 30 Indikatoren zur Qualität der Landschaft

1

Ressourcen

Der Wald prägt das Landschaftsbild der Schweiz: Bergwald am Sibe-Hängste-Massiv (BE), mit Blick aufs Schreckhorn.

Foto: Simon Speich (LFI)







1 Ressourcen

Christoph Fischer, Michael Husistein

Der Schweizer Wald erbringt eine Vielzahl von Leistungen, so ist er beispielsweise Kohlenstoffspeicher und Lieferant von nachwachsenden Rohstoffen. Die Waldfläche hat in der letzten Dekade nur noch leicht zugenommen – vornehmlich in hohen Lagen, wo die Alpwirtschaft aufgegeben wurde. Der Holzvorrat beträgt landesweit konstant 420 Millionen Kubikmeter. Regional sind die Entwicklungen aber unterschiedlich verlaufen. Auf der Alpensüdseite und in den Alpen hat der Holzvorrat zugenommen. Im Jura und im Mittelland hat er dagegen leicht abgenommen. Diese Entwicklungen sind vor allem auf unterschiedliche Nutzungsintensitäten sowie auf Verluste aufgrund klimatischer Veränderungen zurückzuführen. Diese hatten eine hohe Mortalität und vermehrte Zwangsnutzungen zur Folge. Insbesondere Fichte und Buche an klimasensitiven Standorten haben darunter gelitten. Strukturreiche Wälder und artenreiche Mischbestände können sich besser an die klimatischen Veränderungen anpassen. Dies wird zu Veränderungen des Holzangebots in Quantität und Qualität führen. Es sind die jungen Bäume, die den Wald von morgen ausmachen. Um resiliente Wälder mit einer zukunftsfähigen Waldverjüngung zu erhalten, sollte die Vielfalt der Waldstrukturen aktiv gefördert werden. Die Anpassung an den Klimawandel, zum Beispiel mit geeigneten Baumarten und Waldstrukturen, ist eine Herausforderung, die es zu meistern gilt. Denn nur ein Wald, der sich anzupassen vermag, kann auch in Zukunft seine vielfältigen Leistungen erbringen.

1.1 Waldfläche

Roberto Bolgè, Fabrizio Cioldi, Cristiana Maineri

- Die Waldfläche hat in der letzten Dekade nur noch leicht zugenommen, wobei die Zunahme zumeist in höheren Lagen stattgefunden und dort die landwirtschaftliche Nutzung abgelöst hat.
- Rund ein Drittel der Schweizer Landesfläche oder 1,3 Millionen Hektaren sind mit Wald bedeckt. Besonders stark bewaldet ist die Alpensüdseite mit einem Waldanteil von 55 %. Im dicht besiedelten Mittelland beträgt der Waldanteil rund 24 %.
- Die Erhaltung der Waldfläche und ihrer räumlichen Verteilung wird in Regionen mit ausgeprägter Landnutzungskonkurrenz wie dem Mittelland oder den Talböden eine Herausforderung bleiben.

Abbildung 1.1.1

Waldgrenze oberhalb von Grächen (VS). Die Waldfläche hat im Alpenraum weiter zugenommen. Die Zunahme zwischen 2013 und 2022 war jedoch geringer als in den Jahrzehnten zuvor. Foto: Roberto Bolgè



Verteilung der Waldfläche in der Schweiz

Mit 1,3 Millionen Hektaren bedeckt der Wald 32 % der Landesfläche. Dabei gibt es grosse regionale Unterschiede. Besonders stark bewaldet ist die Alpensüdseite mit einem Waldanteil von knapp 55 %. Es folgen der Jura mit 40 %, die Voralpen mit 35 % und die Alpen mit 28 %. Im dicht besiedelten Mittelland ist der Waldanteil mit 24 % am niedrigsten. Die Bewaldung variiert je nach Höhenlage. Die Wälder befinden sich mehrheitlich auf einer Höhe von 600 bis 1800 m ü. M., dies mit sehr hohen Waldanteilen auf über 1000 m ü. M. Auf der Alpensüdseite sind bereits Höhenlagen ab 600 m ü. M. zu über 80 % bewaldet. Landesweit sind heute 61 % der Waldfläche mit Nadelwäldern und 39 % mit Laubwäldern bewachsen (Abegg et al. 2023).

Entwicklung der Waldfläche

Seit über 150 Jahren nimmt die Waldfläche in der Schweiz zu. In der letzten Dekade betrug die Zunahme 23 000 Hektaren oder jährlich 0,2 %. Diese Zunahme war deutlich geringer als in den Jahrzehnten zuvor. Im Jura, im Mittelland und in den Voralpen blieb die Waldfläche konstant, während sie sich in den Alpen um jährlich 0,4 % und auf der Alpensüdseite um 0,3 % ausgedehnt hat (Abegg et al. 2023). Fast 75 % der Waldflächenzunahme fanden in Lagen von über 1400 m ü. M. statt, dies insbesondere auf Flächen, auf denen die landwirtschaftliche Nutzung aufgegeben wurde und in der Folge Bäume aufkommen konnten. Der Bund unterstützt die Offenhaltung von Kulturlandschaften und die Bewirtschaftung von landwirtschaftlich wertvollen Flächen mit Direktzahlungen und schafft damit Rahmenbedingungen, um einer Ausdehnung der Waldfläche auf diesen Flächen entgegenzuwirken.

Waldflächen verändern sich auch durch Rodungen aufgrund von Umnutzungen, insbesondere in Gebieten mit hoher Landnutzungskonkurrenz. Gemäss Rodungsstatistik wurden zwischen 2013 und 2022 jährlich durchschnittlich 166 Hektaren Wald gerodet (BAFU Indikator Wald und Holz). Im Jahr 2022 wurden Rodungsbewilligungen für Materialabbauaktivitäten (40 %), Gewässerkorrekturen (26 %) und

Verkehrsprojekte (11 %) erteilt. Die Rodungen wurden meist durch eine gleichwertige Waldfläche kompensiert, wobei auch andere Kompensationen möglich sind. Anstelle von Ersatzaufforstungen können die Kantone Massnahmen für den Natur- und Landschaftsschutz realisieren, sofern sie in ihrer Raumplanung Gebiete definiert haben, in denen die Waldfläche zunehmen darf. Die Kantone haben zudem die Möglichkeit, ausserhalb der Bauzonen eine statische Waldgrenze festzulegen, wenn in bestimmten Gebieten eine Waldflächenzunahme verhindert werden soll. Diese Gebiete sind etwa bei Richtplanrevisionen zu überprüfen und bei Bedarf anzupassen. Mit solchen Massnahmen können die Kantone in die Waldentwicklung eingreifen, falls der im Waldgesetz festgeschriebene Grundsatz der Walderhaltung (Art. 3 WaG) nicht mehr erfüllt ist.

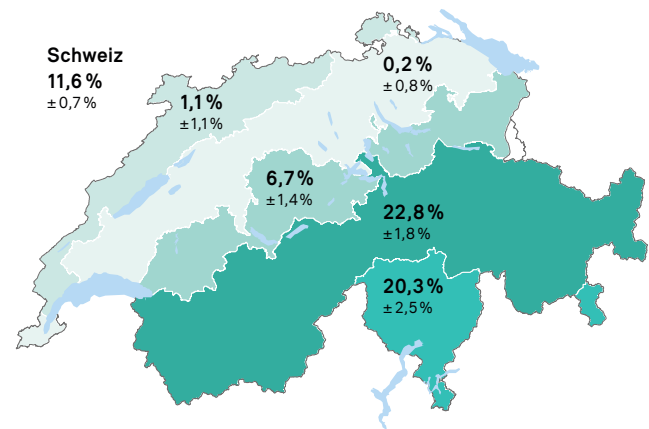
Die Instrumente der Walderhaltung haben mit dem Rodungsverbot und der Möglichkeit von Ausnahmegewilligungen unter klar definierten Voraussetzungen bisher ihren Zweck gut erfüllt. Obwohl der Wald vor allem im Mittelland unter Druck steht, blieb die Waldfläche über die Jahrzehnte erhalten (Abb. 1.1.2). Allerdings dürfte der Druck auf den Wald infolge des grossen Bedarfs an Flächen für Gebäude und Infrastrukturen sowie wegen der sich verschärfenden Landnutzungskonkurrenz weiter zunehmen. Deshalb ist die Annahme, dass die Waldfläche auch in Zukunft erhalten bleibt, verfrüht. Die Umsetzung der Massnahmen zur Koordination der Raum- und Waldplanung – inklusive der Gewährleistung der Walderhaltung – wird eine schwierige, aber immer wichtigere Herausforderung werden.

Waldfunktionen und Waldleistungen

Die Bedeutung des Waldes beschränkt sich nicht auf seine Ausdehnung im Vergleich zu anderen Landschaftselementen, sondern zeigt sich auch in seinen vielfältigen Funktionen und den Leistungen, die er auf seiner Fläche für die Bevölkerung erbringt (Kap. 3.4). Neben der Holzproduktion schützt er Siedlungsgebiete und Infrastrukturen vor Rutschungen, Steinschlag, Lawinen oder Gesteins- und Schwemmhölzeintrag in Gewässer, ist Lebensraum für Tiere und Pflanzen, filtert das Regenwasser für das Trinkwasser, speichert Kohlenstoff und dient als Freizeit- und Erholungsraum. Sämtliche Aktivitäten im Wald und die Ansprüche an den Wald werden mit den Instrumenten der Waldplanung

Abbildung 1.1.2

Veränderung der Waldfläche in den 5 Produktionsregionen und in der ganzen Schweiz von 1983 bis 2022.



Quelle: LFI (Abegg et al. 2023)

koordiniert (Kap. 3.5). Die immer vielfältigeren Interessen werden als Waldfunktionen und -leistungen definiert (BAFU 2022a; Kap. 3.4). In der Bundesverfassung sind die Waldfunktionen als Schutz-, Nutz- und Wohlfahrtsfunktionen verankert (Art. 77 Abs. 1 BV). Bund und Kantone müssen dafür sorgen, dass der Wald diese Funktionen erfüllen kann. Dabei folgen die Kantone im Einklang mit der Waldpolitik des Bundes dem Prinzip der Multifunktionalität, d. h., dass der Wald auf derselben Fläche mehrere Funktionen und Leistungen gewährleistet.

Schweizweit hat auf 44 % der Waldfläche der Schutz vor Naturgefahren Vorrang vor den anderen Waldfunktionen (Abegg et al. 2023). In den Alpen und auf der Alpensüdseite ist dieser sogar die mit Abstand wichtigste Waldfunktion. Auf 38 % der landesweiten Waldfläche hat die Holzproduktion eine Vorrangfunktion, wobei sie im Jura und im Mittelland besonders häufig ist. Auf 13 % haben weitere Schutzaspekte wie der Natur- und Landschaftsschutz, der Wildschutz oder der Trinkwasserschutz Vorrang. Und obwohl die Erholung lediglich auf 2 % der Waldfläche eine Vorrangfunktion hat, kann sich die Bevölkerung in der überwiegenden Mehrheit der Schweizer Wälder erholen oder eine der Gesundheit förderliche Zeit verbringen (Abegg et al. 2023). Wälder in Siedlungsnähe sind auch für die Grün- und Freirauminfrastruktur der Gemeinden von besonderer Bedeutung.

1.2 Holzvorrat

Fabrizio Cioldi, Marjo Kunnala

- Landesweit ist der Holzvorrat in der letzten Dekade konstant geblieben. Regional waren die Entwicklungen jedoch unterschiedlich. Auf der Alpensüdseite ist der Vorrat um 12 % und in den Alpen um 7 % angewachsen. Im Mittelland und im Jura hat er um 5 % bzw. 3 % abgenommen.
- Der gesamte Holzvorrat der lebenden Bäume im Schweizer Wald beläuft sich auf 420 Millionen Kubikmeter. Das entspricht 347 Kubikmetern pro Hektare. Vom Holzvorrat entfallen 68 % auf Nadelbäume, 32 % auf Laubbäume.
- Der Klimawandel wird die Vorratsentwicklung und die künftige Baumartenzusammensetzung stark beeinflussen. Im Jura und im Mittelland werden sich die Vorratsabnahmen als Folge erhöhter Mortalität und Zwangsnutzungen voraussichtlich fortsetzen.

und liegenden Bäume vermessen, die einen Brusthöhen-durchmesser (BHD) von 12 cm oder mehr aufweisen. Es wird zwischen dem Volumen der lebenden Bäume (Holzvorrat) und der toten Bäume (Totholzvolumen) unterschieden. Die Summe ergibt das Gesamtholzvolumen. Gemäss einer Zwischenauswertung des LFI5 (2018–2022) beträgt das Gesamtholzvolumen in der Schweiz 459 Millionen Kubikmeter (Abegg et al. 2023). Davon entfallen 39 Millionen Kubikmeter oder rund 8 % auf tote Bäume (Kap. 4.5). In der letzten Dekade hat das Totholzvolumen um ein Drittel zugenommen.

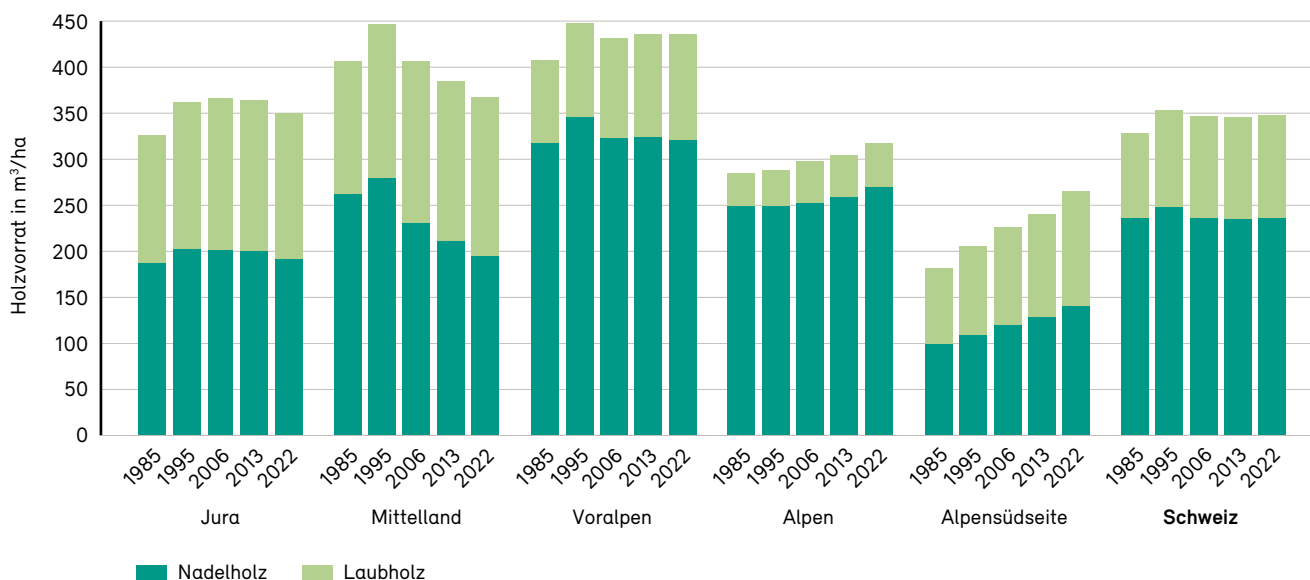
Der Holzvorrat der lebenden Bäume beträgt landesweit rund 420 Millionen Kubikmeter (Abegg et al. 2023). Bezogen auf die Fläche sind es durchschnittlich 347 Kubikmeter Holz pro Hektare (Abb. 1.2.1). Seit dem LFI4 (2009–2013) ist der Holzvorrat in der Schweiz gesamthaft gleich gross geblieben, dies jedoch bei regional unterschiedlichen Veränderungen. In den Alpen und auf der Alpensüdseite hat er um 7 % bzw. 12 % zugenommen, weil hier erstens weniger Holz genutzt wurde, als nachgewachsen ist, und weil zweitens der Wald auf aufgegebenem Kulturland neu eingewachsen ist. Im Jura

Entwicklung des Holzvorrats

Das Volumen der Bäume im Schweizer Wald wird im Landesforstinventar (LFI) regelmässig erhoben. Zu diesem Zweck werden auf den LFI-Probeflächen alle stehenden

Abbildung 1.2.1

Entwicklung des Holzvorrats der Laub- und Nadelbäume in den 5 Produktionsregionen und in der ganzen Schweiz (inkl. Waldflächenzunahme).



Quelle: LFI (Abegg et al. 2023)

(– 3 %) und im Mittelland (– 5 %) hat der Vorrat vor allem wegen erhöhter Mortalität der Bäume und Zwangsnutzungen abgenommen, die durch Trockenheit, Krankheiten oder Borkenkäferbefälle verursacht wurden (Kap. 2.5).

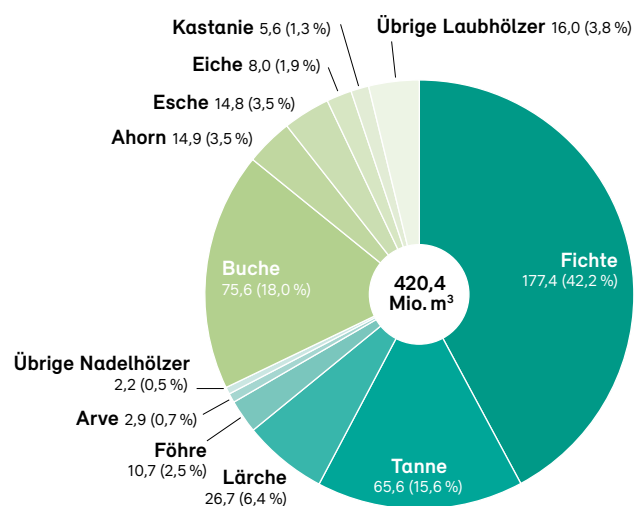
Vorratsanteile der Baumarten und ihre regionalen Entwicklungen

Der Holzvorrat im Schweizer Wald besteht zu 68 % aus Nadelbäumen und zu 32 % aus Laubbäumen. Die Fichte stellt mit 42 % den höchsten Anteil (Abb. 1.2.2; Abegg et al. 2023). Sie ist in allen Regionen ausser dem Jura die vorratsreichste Baumart. In den Alpen hat ihr Vorrat in der letzten Dekade um 6 % zugenommen, im Mittelland und im Jura hat er dagegen um 15 % bzw. 10 % abgenommen. Die Buche verzeichnet mit 18 % landesweit den zweithöchsten Vorratsanteil. Im Jura erreicht diese Baumart mit 31 % sogar am meisten Vorrat, wobei er hier um 7 % gesunken ist. Im Mittelland hat die Buche mit 26 % den zweithöchsten Vorratsanteil. Der Buchenvorrat ist auf der Alpensüdseite um 20 % und in den Alpen um 8 % angewachsen. Die Weisstanne hat mit 16 % Vorratsanteil landesweit den dritthöchsten Anteil. Vor allem im Jura und in den Voralpen ist ihr Holzvorrat verhältnismässig hoch. In den Voralpen und auf der Alpensüdseite hat der Tannenvorrat um 9 % bzw. 18 % zugenommen.

Landesweit kommt die Lärche bezüglich Holzvorrat mit 6 % Anteil an vierter Stelle. Sowohl auf der Alpensüdseite als auch in den Alpen hat ihr Vorratsanteil stark zugenommen. Der Bergahorn ist die einzige Baumart, die in allen Regionen eine signifikante Vorratszunahme von durchschnittlich 19 % verzeichnet hat. Landesweit weist das LFI für diese Baumart einen Vorratsanteil von 4 % aus. Damit ist der Bergahorn – zusammen mit der Esche – die Laubbaumart mit dem zweithöchsten Vorratsanteil nach der Buche. Der Eschenvorrat (– 10 %) war aufgrund des Eschentriebsterbens stark rückläufig (Rigling et al. 2016). Noch geringer sind die landesweiten Vorratsanteile weiterer Baumarten wie der Föhre und der Eiche mit 3 % bzw. 2 %. Die Edelkastanie wächst fast ausschliesslich auf der Alpensüdseite. Sie macht hier mit 13 % einen bedeutenden Anteil der Baumarten aus. Ihr Vorrat verzeichnete in der letzten Dekade jedoch erstmals seit Beginn der LFI-Erhebungen keine Zunahme mehr. Der aufgrund einer sehr tiefen Nutzungsintensität erfolgte Volumenzuwachs der Edelkastanie wurde durch

Abbildung 1.2.2

Holzvorrat (in Mio. m³) und Vorratsanteile (in %) der häufigsten Baumarten.



Quelle: LFI (Abegg et al. 2023)

eine zunehmende Mortalität kompensiert, die durch Krankheiten, Insektenbefall, Trockenheit und mangelnde Pflege verursacht wurde (Prospero et al. 2012, Gehring et al. 2020, Conedera et al. 2010).

Baumartenzusammensetzung

Die Wetterextreme wirken sich im Wald bereits deutlich erkennbar aus (Kap. 2.5). Sie können die Baumartenzusammensetzung und den Vorrat je nach Produktionsregion unterschiedlich stark verändern. In tieferen Lagen, wo die Fichte als standortfremde Baumart stark gelitten hat, werden die Wälder voraussichtlich reicher an Laubbaumarten. Das im Markt nachgefragte Fichtenholz muss künftig öfter aus unwegsamem Gelände in höheren Lagen geholt werden. Dies verursacht steigende Erntekosten. Weiter ist zu erwarten, dass sich der gesamte Holzvorrat im Mittelland und im Jura rückläufig entwickelt, da die vom Rückgang hauptsächlich betroffenen Fichten einen höheren Anteil am Gesamtvorrat haben als standortgerechte Laubbaumarten. Hinsichtlich einer nachhaltigen Waldentwicklung ist der Rückgang des Holzvorrats differenziert zu bewerten: Auf ökologische Kriterien wie die Gehölz- und Strukturvielfalt wirkt er sich positiv aus. Ökonomisch relevante Baumarten wie die Fichte dagegen werden weniger verfügbar sein.

1.3 Altersaufbau und Bestandesstruktur

Barbara Allgaier Leuch, Meinrad Abegg, Robert Jenni, Marjo Kunnala

- Der Anteil der alten Bestände und dicken Bäume hat in der letzten Dekade zugenommen, was für die Biodiversität positiv ist. Dagegen mangelt es zunehmend an jungen Beständen sowie ausreichender Verjüngung. Dies könnte sich negativ auf die Schutz- und Holzproduktionsfunktionen des Waldes auswirken.
- Aus ökonomischer Sicht ist der Schweizer Wald in seinem Altersaufbau zu alt. Aus ökologischer Sicht dagegen fehlen alte Bestände und dicke Bäume. Die Bestandesstrukturen aber sind oft vielfältig.
- Es gilt, angesichts des Klimawandels die strukturelle Vielfalt weiter zu erhöhen, denn reich strukturierte Wälder mit genügender Verjüngung sind weniger anfällig und können nach Störungen die Leistungen schneller wieder erbringen.

Altersaufbau der Bestände

Der Altersaufbau des Waldes ist sowohl für die ökologische als auch für die ökonomische Beurteilung eines Bestandes wichtig. Je nach Perspektive werden unterschiedliche Massstäbe angewendet. So orientiert sich die optimale Altersstruktur aus ökologischer Sicht an der natürlichen Lebenserwartung der Waldbestände. Diese liegt in Buchenbeständen des Mittellandes bei 220 bis 250 Jahren und in Fichtenbeständen der Alpen bei 300 bis 400 Jahren. Dabei können einzelne Bäume bedeutend älter werden (Brang und Zingg 2002; Brang und Duc 2002). Aus ökonomischer Sicht richtet sich der Altersaufbau nach der wirtschaftlich optimalen Umtriebszeit, also dem Bestandesalter, bei dem der Ertrag des verkauften Holzes am höchsten ist. Im LFI wurden die optimalen Umtriebszeiten der Hauptbaumarten, abhängig von der Qualität des Standortes, auf 120 bis 180 Jahre berechnet (Bachofen et al. 1988). Die ökonomisch ideale Umtriebszeit ist also oft nur halb so lang wie die natürliche Lebenserwartung eines Bestandes.

Angaben zum Alter der Waldbestände liefert das LFI. Dabei lässt sich nur das Alter von gleichaltrigen Beständen sinnvoll abschätzen. Sie wurden flächig verjüngt, in der Schweiz meist im kleinflächigen Femelschlagverfahren mit Naturverjüngung (Kap. 4.2). Landesweit sind 75 % aller Bestände gleichaltrig (Abegg et al. 2023). Knapp

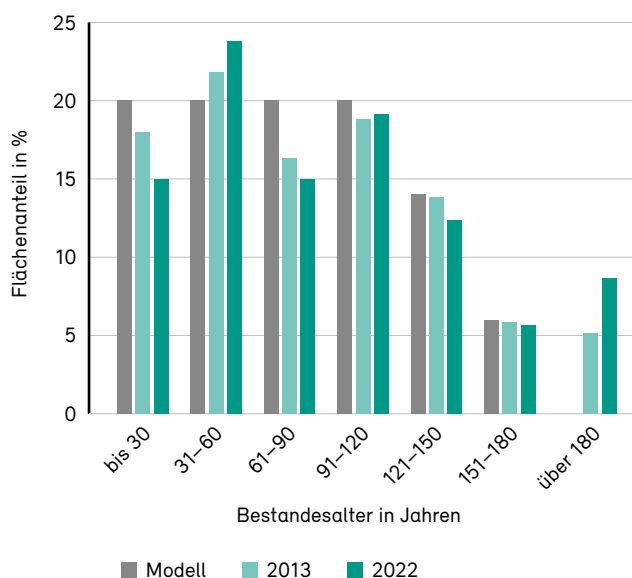
10 % der gleichaltrigen Waldbestände sind über 180 Jahre alt (Abb. 1.3.1). Der höchste Anteil an über 180-jährigen Beständen liegt mit 15 % in den Alpen, während sich dieser Wert im Mittelland auf nicht einmal 1 % beläuft. In der letzten Dekade hat der Anteil der alten Bestände ausser im Mittelland überall zugenommen. Trotzdem sind die Schweizer Wälder aus ökologischer Sicht immer noch zu jung. Nimmt man jedoch die für die ökonomische Holznutzung optimale Umtriebszeit zum Massstab, sind immer mehr Bestände zu alt (Abb. 1.3.1). Gleichzeitig nimmt der Anteil an jungen Beständen ab. So bleibt die Walderneuerung aus, die sowohl für die Holzproduktion (Kap. 3.1) als auch für den Schutz vor Naturgefahren nötig wäre (Kap. 5.1).

Durchmesserverteilung der Bäume

In Plenter- und Dauerwäldern ist das Alter der Bäume sehr unterschiedlich. Das Bestandesalter ist für diese Wälder daher wenig aussagekräftig. Um zu beurteilen, ob ein Bestand hinsichtlich seines Holzertrags nachhaltig

Abbildung 1.3.1

Flächenanteile der Altersklassen im gleichaltrigen Wald 2013 und 2022, im Vergleich zum Modell mit wirtschaftlich optimalen Umtriebszeiten.



Quelle: LFI (Abegg et al. 2023)

aufgebaut ist, wird deshalb die Verteilung der Baumdurchmesser herangezogen. Dabei wird der Brusthöhendurchmesser (BHD) der Bäume auf 1,3 m über dem Boden gemessen. Die angestrebte Durchmesserverteilung richtet sich nach dem Zieldurchmesser, also dem Durchmesser, bei dem der Forstbetrieb die Bäume ernten will (Schütz 2002). Die Erhebung der Durchmesser liefert darüber hinaus auch im gleichaltrigen Wald wichtige Anhaltspunkte zum Lebensraumpotenzial der Bäume (Kap. 4.5) und zu den Möglichkeiten der Holzverarbeitung.

Erwartungsgemäss stehen im Schweizer Wald viel mehr dünne als dicke Bäume. Denn die meisten Bäume sterben ab oder werden gefällt, bevor sie alt und mächtig sind (Brändli und Ciolli 2015). Von den lebenden Bäumen (> 0 cm BHD) sind 95 % höchstens 30 cm dick (Abegg et al. 2023). Während bei diesen dünneren Bäumen die Laubbäume überwiegen, ist bei den dickeren Bäumen der Anteil der Nadelbäume höher. Mächtige Laubbäume sind besonders selten, denn erstens werden viele Laubbaumarten wie die Birke, die Hagebuche oder die Vogelbeere von Natur aus nicht sehr dick. Zweitens gedeihen die meisten Laubwälder in den Tieflagen, wo die Wälder intensiv genutzt und die Bäume also «vorzeitig» gefällt werden.

Sägereien bevorzugen hauptsächlich Bäume mit einem BHD von 31–60 cm, da sich aus deren Stämmen mindestens ein Rundholzstück der Sortimentsklassen 2 (20–29 cm Mittendurchmesser) bis 5 (50–59 cm Mittendurchmesser) gewinnen lässt. Bäume mit einem BHD von über 60 cm sind bereits deutlich aufwendiger in der Verarbeitung. Da diese Bäume einen Anteil von 22 % am Holzvorrat haben, obwohl sie anzahlmässig nur 4 % ausmachen, ist aus Sicht der Holzproduktion und -verarbeitung dennoch eine Reduktion des Zieldurchmessers bzw. der Umtriebszeiten in den bewirtschafteten Wäldern anzustreben.

Aus ökologischer Sicht dagegen werden Bäume mit zunehmendem Stammdurchmesser für die Biodiversität immer wertvoller, weil sie als Habitatbäume vielen Tier- und Pflanzenarten Lebensraum bieten (Kap. 4.5). Besonders wertvoll sind Giganten, also Bäume mit einem BHD über 80 cm. Sie sind im Schweizer Wald zwar viel seltener als in

den Natur- und Urwäldern Mitteleuropas (Heiri et al. 2012). In der letzten Dekade hat aber sowohl die Zahl der Giganten wie auch jene der Bäume mit einem BHD über 60 cm in allen Landesteilen zugenommen, während die Stammzahlen in den tieferen Durchmesserklassen abgenommen haben. Die Förderung von Habitatbäumen ist ein wichtiger Aspekt des naturnahen Waldbaus (BAFU 2010).

Bestandesstruktur

Neben dem Altersaufbau ist für die Entwicklung eines Waldes auch die räumliche Struktur eines Waldbestandes sowohl aus ökonomischer als auch aus ökologischer Perspektive wichtig, namentlich der vertikale und horizontale Aufbau sowie die Verteilung der Baumarten. Angesichts zunehmender Störungen aufgrund des Klimawandels sind reich strukturierte Wälder, die überall auch etwas Verjüngung aufweisen, als günstig zu bewerten, einförmige Wälder ohne jegliche Verjüngung dagegen als ungünstig. Dies gilt besonders bei den Schutzwäldern (Kap. 5.1). Darüber hinaus bieten reich strukturierte Bestände auf kleinem Raum vielfältige Lebensräume und fördern so die Biodiversität (Kap. 4.3).

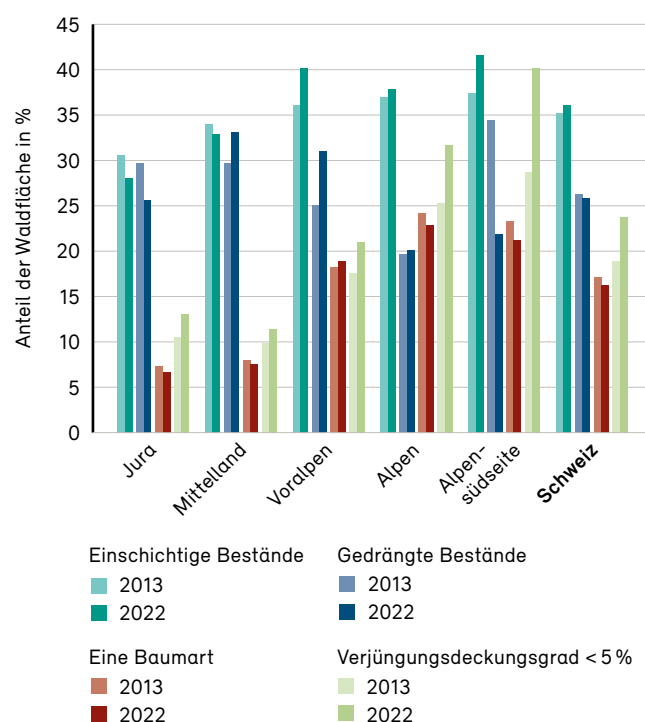
Der Schweizer Wald wird grundsätzlich von den drei Baumarten Fichte, Buche und Tanne dominiert. Reinbestände, also Bestände mit nur einer Baumart, gibt es jedoch nur auf 16 % der Waldfläche. Je etwa ein Viertel aller Bestände setzen sich aus zwei, drei oder vier und mehr Baumarten zusammen. Reinbestände finden sich am häufigsten in den Alpen und auf der Alpensüdseite und dort vorab in höheren Lagen, wo von Natur aus nur wenige Baumarten gedeihen. Im Jura und im Mittelland sind solche Reinbestände dagegen selten. In der letzten Dekade ging ihr Anteil auch auf der Alpensüdseite, in den Alpen und auch im Landesmittel zurück (Abb. 1.3.2).

In ihrer vertikalen Struktur sind landesweit 36 % der Bestände einschichtig (Abegg et al. 2023). In solchen Wäldern haben alle Bäume etwa das gleiche Alter und die gleiche Dimension. Besonders viele einschichtige Bestände gibt es in den Alpen, in den Voralpen und auf der Alpensüdseite (Abb. 1.3.2). Deren Anteil in den Voralpen und auf der Alpensüdseite hat sich in der letzten Dekade weiter erhöht.

Bezüglich der horizontalen Waldstruktur stehen die Bäume in einem Viertel der Bestände gedrängt, sodass ihre Kronen durch gegenseitige Berührung verkürzt und deformiert sind. Gedrängte Bestände sind anfällig für Sturm und Schneelast. Zudem gelangt kaum Licht auf den Boden, sodass keine jungen Bäume heranwachsen können. In höheren Lagen ist die Verjüngung selbst in weniger dichten Beständen beeinträchtigt, da Jungbäume im rauerem Klima neben Licht auch die wärmende Sonneneinstrahlung für ihr Wachstum benötigen. Gesamtschweizerisch veränderte sich der Anteil der gedrängten Bestände nicht. Im Mittelland und in den Voralpen nahmen diese zu, im Jura und auf der Alpensüdseite dagegen ab (Abb. 1.3.2).

Abbildung 1.3.2

Flächenanteile ausgewählter Strukturmerkmale in den 5 Produktionsregionen und in der ganzen Schweiz, 2013 und 2022.



Quelle: LFI

Verjüngung

Angehts des Klimawandels werden sogenannte Verjüngungen unter Schirm, d. h., dass die Jungbäume unter dem Kronenschirm der Oberschicht aufkommen, und Verjüngungen in kleineren Bestandesöffnungen immer wichtiger. Solche Bestände sind resilienter, da sie sich nach einer Störung schneller erneuern können. Der seit zwei Dekaden andauernde Trend zeigt allerdings in eine ungünstige Richtung. So nahm der Anteil der Waldfläche mit tiefem Verjüngungsdeckungsgrad (unter 5 %) im landesweiten Durchschnitt zu, dies insbesondere in den Alpen und auf der Alpensüdseite. Insgesamt ist gesamtschweizerisch auf 24 % der Waldfläche kaum Verjüngung vorhanden, in den Alpen und auf der Alpensüdseite sogar auf 32 % bzw. 40 % (Kap. 4.2).

Die Merkmale der Bestandesstruktur haben sich mit Ausnahme des Verjüngungsdeckungsgrads in der letzten Dekade wenig verändert. Erstens laufen Veränderungen im Wald wegen der hohen Lebenserwartung der Bäume nur langsam ab, sofern die Bestände nicht von grossflächigen Störungen heimgesucht werden. Zweitens wiegen sich die Prozesse in den einzelnen Regionen oft wieder auf. Insbesondere auf der Alpensüdseite war die Entwicklung mit der Zunahme der einschichtigen Bestände und der Wälder mit wenig Verjüngung jedoch ungünstig. Hier, aber auch in den anderen Regionen der Schweiz, sollten die strukturelle Vielfalt und die ausreichende Verjüngung verstärkt gefördert werden, damit der Wald seine Leistungen trotz des rasch fortschreitenden Klimawandels weiterhin erbringen kann.

1.4 Kohlenstoffvorrat

Nele Rogiers, Frank Hagedorn, Esther Thürig

- Der absolute Kohlenstoffvorrat der Waldbiomasse ist in der letzten Dekade nahezu konstant geblieben.
- Mit 269 Tonnen Kohlenstoff pro Hektare hat der Schweizer Wald den höchsten relativen Kohlenstoffvorrat in Europa. In den lebenden Bäumen beläuft er sich auf rund 119 Tonnen pro Hektare. In Totholz, organischer Auflage und Boden sind es rund 150 Tonnen pro Hektare.
- Auch in Zukunft sollen der Wald und die Verwendung von Holz zur Bewältigung des Klimawandels beitragen. Um dies zu gewährleisten, sind resiliente und klimaangepasste Wälder nötig.

Kohlenstoffvorrat der Waldbiomasse

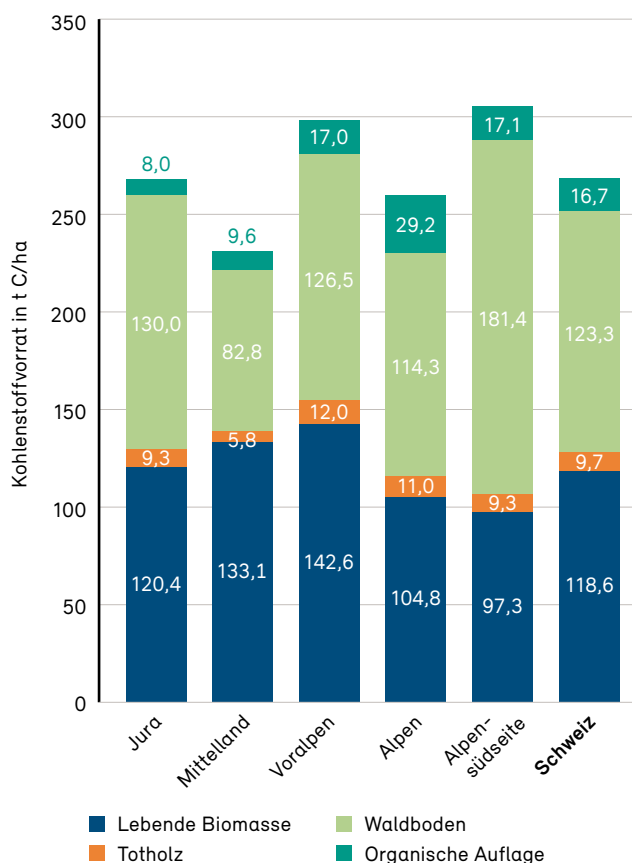
Wälder spielen eine wichtige Rolle im globalen Kohlenstoffkreislauf. Der in der Waldbiomasse gebundene Kohlenstoff (C) setzt sich aus dem Kohlenstoff in der Biomasse der lebenden Bäume, des Totholzes, der organischen Auflage und der Böden zusammen. Der in der lebenden Biomasse und im Totholz gebundene Kohlenstoff wird aus den Daten des LFI berechnet. Für jeden lebenden Baum wird der Kohlenstoff aller Baumteile zusammengezählt: Schaft, dicke Äste über 7 cm, dünne Äste, Blätter, Nadeln und Wurzeln (Herold et al. 2019, Didion et al. 2019). Um den Kohlenstoffgehalt in der lebenden und der toten Biomasse zu bestimmen, wird ein C-Anteil von 50 % der trockenen Biomasse einberechnet.

Gemäss diesen Berechnungen speichert der Schweizer Wald rund 144 Millionen Tonnen Kohlenstoff in der Biomasse der lebenden Bäume. Dieser absolute Kohlenstoffvorrat ist in der letzten Dekade nahezu konstant geblieben. Bezogen auf die Fläche, sind in den lebenden Bäumen durchschnittlich 119 Tonnen Kohlenstoff pro Hektare (t C/ha) gespeichert. Die Menge der lebenden Biomasse ist regional jedoch sehr unterschiedlich. Die Wälder mit dem grössten Kohlenstoffvorrat in der lebenden Biomasse relativ zur Fläche befinden sich in den Voralpen (Abb. 1.4.1). Hier herrschen optimale Wachstumsbedingungen für den Wald. Und weil im steilen Gelände auch die Erntekosten oft hoch sind, wird tendenziell weniger Holz geerntet als zum Beispiel im Mittelland (Kap. 3.1). Am

kleinsten ist der relative Kohlenstoffvorrat in der lebenden Biomasse auf der Alpensüdseite, obwohl auch hier das Holz unterdurchschnittlich genutzt wird. Doch ein Teil dieser Wälder ist relativ jung und weist den geringsten Zuwachs an Holz auf.

Abbildung 1.4.1

Kohlenstoffvorrat in Tonnen pro Hektare (t C/ha) in den 5 Produktionsregionen und in der ganzen Schweiz, jeweils in der Biomasse der lebenden Bäume (lebende Biomasse), des Totholzes, des Waldbodens und der organischen Auflage, im Zeitraum des LFI5 (2018–2022).



Quelle: LFI, Nussbaum et al. 2012, Nussbaum und Burgos 2021

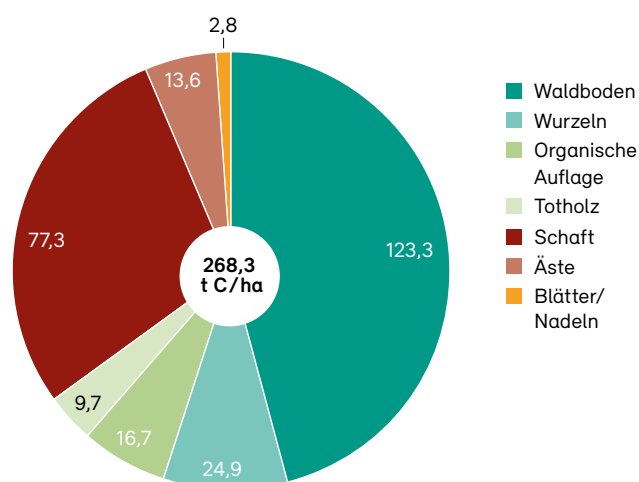
Im Totholz bleibt der Kohlenstoff gespeichert, bis das Holz vollständig abgebaut ist. Durchschnittlich sind darin rund 10 t C/ha gebunden. Der Totholzanteil hat in der letzten Dekade schweizweit um 38 % zugenommen. Mit einer Zunahme von über 50 % ist er im Jura am stärksten angestiegen. Ausser im Mittelland beträgt die relative Kohlenstoffmenge im Totholz in allen Regionen über 9 t C/ha (Abb. 1.4.1).

Kohlenstoffvorrat im Waldboden

Der grösste Kohlenstoffspeicher in den Wäldern ist der Boden. Eine Analyse von über 2000 Bodenprofilen, welche die heterogenen Standortverhältnisse in der Schweiz gut abbilden, hat ergeben, dass der mineralische Waldboden (inkl. organischer Auflage) mit durchschnittlich 140 t C/ha mehr Kohlenstoff speichert als die lebende Biomasse (Abb. 1.4.2). Die Waldböden in der Schweiz enthalten zudem rund 50 % mehr Kohlenstoff als die Waldböden in anderen zentraleuropäischen Ländern (Wiesmeier et al. 2013). Die Ursachen dafür sind das kühle und feuchte Klima, die naturnahe Waldnutzung sowie das im europäischen Vergleich relative hohe Alter der Schweizer Wälder. Organische Waldböden enthalten mit 147 t C/ha bis 30 cm Tiefe noch mehr Kohlenstoff pro Fläche als mineralische Waldböden. Sie spielen allerdings eine untergeordnete Rolle, da nur 0,3 % des Waldes auf organischen Böden wachsen.

Abbildung 1.4.2

Kohlenstoffvorrat in Tonnen pro Hektare (t C/ha) in der Biomasse der lebenden Bäume (Schaft, Äste, Blätter/Nadeln, Wurzeln), im Totholz, in der organischen Auflage und in den Böden im Zeitraum des LFI5 (2018–2022).



Quellen: LFI, Nussbaum et al. 2012, Nussbaum und Burgos 2021

Die Kohlenstoffgehalte der Böden nehmen in höheren Lagen wegen der kühleren und feuchteren klimatischen Verhältnisse zu (Abb. 1.4.3). Den anteilmässig grössten Kohlenstoffvorrat pro Hektare enthalten die mineralischen Böden der Wälder auf der Alpensüdseite (Abb. 1.4.1). Dies kann auf Rückstände der Waldbrände der letzten Jahrhunderte sowie auf die hohen Gehalte an Eisen- und Aluminiummineralien zurückgeführt werden, die den Humus vor der Zersetzung durch Mikroorganismen schützen.

CO₂-Bilanz im Wald

Waldbäume nehmen während ihres Wachstums CO₂ aus der Luft auf und speichern den daraus gewonnenen Kohlenstoff in der Biomasse. Beim Abbau oder bei der Verbrennung der Biomasse wird wiederum CO₂ gebildet und an die Atmosphäre abgegeben. Wenn ein Wald mehr CO₂ aufnimmt, als er abgibt, ist er eine Kohlenstoffsenke. Im umgekehrten Fall ist er eine Kohlenstoffquelle. Die CO₂-Bilanz eines Waldbodens und seiner organischen Auflage hängt von den klimatischen Gegebenheiten, von den Baumarten und von den physikalisch-chemischen Eigenschaften des Bodens ab. Der Klimawandel (höhere Temperaturen und Trockenheit) sowie natürliche Störungen (Sturm, Käferbefall und Waldbrand) können höhere CO₂-Emissionen aus der Waldbiomasse und den Waldböden zur Folge haben.

Internationales Klimaabkommen

Seit dem 19. Jahrhundert haben die Treibhausgase in der Atmosphäre um gut einen Drittel zugenommen und eine Änderung des Klimas bewirkt (IPCC 2023). Mit der Unterzeichnung des Pariser Klimaabkommens hat sich die Schweiz international dazu verpflichtet, bis 2030 die Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 um 50 % zu reduzieren. Wegen dieses Abkommens müssen alle Vertragsparteien über die CO₂-Bilanz im Wald und in langlebigen Holzprodukten Rechenschaft ablegen. Grundlage zur Berechnung der CO₂-Bilanz sind die Daten des LFI. In den vergangenen vierzig Jahren wirkten die Schweizer Wälder aufgrund der Vorratzzunahme (Kap. 1.2) sowie der Ausdehnung der Waldfläche (Kap. 1.1) als CO₂-Senke. Extremereignisse können diese Senken jedoch lokal zu Quellen machen. Der Sturm Lothar etwa zerstörte Ende 1999 in wenigen Stunden Waldbestände, die knapp 15 Millionen Tonnen CO₂ in der lebenden Biomasse gespeichert hatten (Rogiers et al. 2015). Dieses Holz wurde in der Folge jedoch grösstenteils verbaut und hat somit die Atmosphäre nicht sofort belastet.

Bedeutung des Waldes als Kohlenstoffsенke

In der zweiten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls (2013–2020) sollte die Schweiz ihre CO₂-Emissionen gegenüber 1990 durchschnittlich um 15,8 % senken. Unter Einbezug der Senkenleistung des Wald- und Holzsektors sowie des Einkaufs von Emissionszertifikaten konnte dieses Reduktionsziel erreicht werden. In dieser Periode wurde die CO₂-Bilanz des Wald- und Holzsektors gegenüber einem Referenzwert mit 1,8 Millionen Tonnen CO₂ abgerechnet. Dies bedeutet, dass von der totalen Senkenleistung des Schweizer Waldes von jährlich 2,5 Millionen Tonnen CO₂ nur 0,7 Millionen Tonnen angerechnet werden konnten.

Aus waldpolitischer Sicht ist die Erhöhung der Senkenleistung des Waldes nur erwünscht, solange die anderen Waldfunktionen nicht beeinträchtigt sind und die nachhaltige Waldentwicklung gewährleistet bleibt. Gemäss der aktuellen Schweizer Waldpolitik sollen der Wald und die Verwendung von Holz zur Minderung der Klimaänderung beitragen. Dabei soll von Fall zu Fall beurteilt werden, ob eine Erhöhung des Kohlenstoffvorrates im Wald sinnvoll ist, z. B. in klimaangepassten Wäldern, in Naturwaldreservaten oder auf ehemals gerodeten Waldflächen. Resiliente, klimaangepasste Wälder sind Grundvoraussetzung zur Aufrechterhaltung der nachhaltigen CO₂-Bilanz des Waldes.

Abbildung 1.4.3

Bergwaldboden mit hohem Kohlenstoffvorrat in der organischen Auflage. Foto: Marco Walser



2

Gesundheit und Vitalität

Waldführen im Pfywald (VS): Aufgrund zunehmender Trockenheit nimmt die Mortalität dieser Baumart im Wallis seit 1996 zu.

Foto: Marcus Schaub







NO_x

O_3

NH_y

2 Gesundheit und Vitalität

Marcus Schaub, Stefan Beyeler

Die Gesundheit und die Vitalität der Wälder sind ein wertvolles Gut, das durch Umwelteinflüsse gefährdet werden kann. Der Klimawandel setzt den Wald unter Druck. In der Schweiz ist die durchschnittliche Jahrestemperatur im Vergleich zur vorindustriellen Zeit um 2 °C gestiegen. Stickstoffhaltige Luftschadstoffe und Ozon überschreiten immer noch die kritischen Belastungsgrenzen und können die Wälder zusätzlich anfälliger für Trockenheit machen. Extremereignisse wie Hitzewellen, Dürren, Hagelschläge, Stürme und Waldbrände nehmen zu. Die Auswirkungen auf den Wald sind vielfältig: Früherer Austrieb, Frostgefahr und Wassermangel beeinträchtigen die Vitalität, also die Anpassungs- und Konkurrenzfähigkeit der Bäume. Besonders betroffen sind Buchen, Tannen und Fichten. Die Wälder werden anfälliger für Insektenbefall und Baumkrankheiten, die Bäume sterben vermehrt und teils sogar flächig ab. Durch den globalisierten Warenhandel werden zunehmend gebietsfremde Schadorganismen eingeschleppt, die das Ökosystem Wald erheblich gefährden können. Um ihre Verbreitung zu verhindern, ist die Früherkennung von zentraler Bedeutung. Weitere Massnahmen können die Anpassungsfähigkeit der Wälder unterstützen: die Pflanzung geeigneter Baumarten, die Förderung standortgerechter Mischwälder oder die Vergrösserung der genetischen Vielfalt. Sorgfältig geplante Testpflanzungen liefern dazu wichtige Erkenntnisse. Vertieftes Prozessverständnis und wissenschaftlich fundierte Aussagen über den Gesundheitszustand und die Vitalität des Waldes sind notwendig, um geeignete Massnahmen für eine nachhaltige Bewirtschaftung zu entwickeln. So kann der Wald in Zukunft seine Ökosystemleistungen auch unter veränderten Klimabedingungen erbringen.

2.1 Luftschadstoffe

Sophia Etzold, Sabine Augustin, Sabine Braun, Anne Thimonier, Pierre Vollenweider, Peter Waldner, Marcus Schaub

- Die Stickstoffeinträge liegen für knapp 90 % der Waldfläche über den kritischen Belastungsgrenzen. Erhöhter Stickstoffeintrag führt zu Nährstoffungleichgewichten in Boden und Vegetation und kann die Biodiversität von Pflanzen, Flechten und Bodenorganismen beeinträchtigen.
- Bodennahes Ozon schädigt die fotosynthetischen Zellen der Blätter. Die durch die Spaltöffnungen aufgenommene Ozondosis hat bei den Buchen abgenommen, verharrt aber über dem kritischen Grenzwert.
- Obwohl die Immissionen von Stickstoff und Ozon reduziert werden konnten, überschreiten sie vielerorts immer noch die Belastungsgrenzen und können das Wachstum des Waldes und seine Resistenz gegen Trockenheit hemmen.

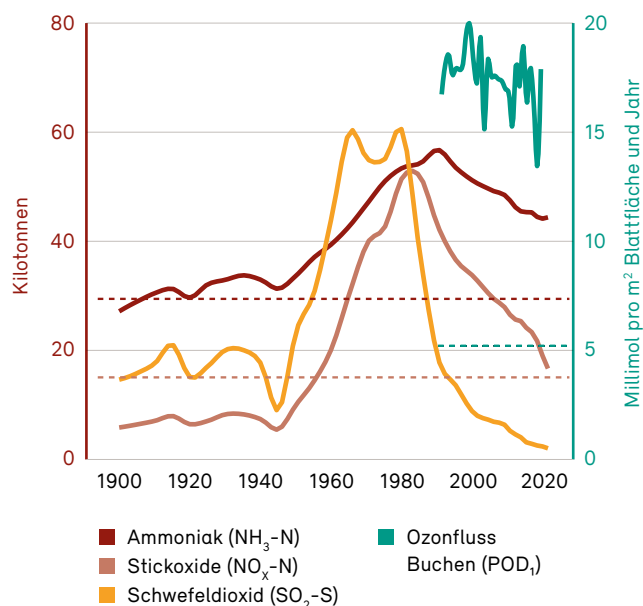
Stickstoffbelastung

Dank zahlreichen Luftreinhaltmassnahmen sind die Schadstoffemissionen seit 1980 rückläufig (Abb. 2.1.1). Trotzdem sind die vom Bundesrat festgelegten Reduktionsziele für Emissionen von stickstoffhaltigen Luftschadstoffen wie Ammoniak und Stickoxiden noch nicht erreicht. Heute stammen etwa zwei Drittel dieser Emissionen aus der Landwirtschaft und ein Drittel aus Verbrennungsprozessen in den Bereichen Verkehr, Heizung und Industrie. Stickstoff gelangt als Gas, in Aerosolen oder im Niederschlag gelöst in den Wald. Als Nährstoff fördert Stickstoff zunächst das Pflanzenwachstum, doch eine Überversorgung hat negative Auswirkungen auf den Wald. Die Stickstoffeinträge liegen in der Schweiz bei knapp 90 % der Waldfläche über den kritischen Belastungswerten, die als Critical Loads bezeichnet werden (Abb. 2.1.2). Diese definieren die Eintragsmengen, unterhalb derer nach Stand des Wissens keine schädlichen Auswirkungen auf die Umwelt auftreten. Die Critical Loads variieren je nach Waldbestand und belaufen sich für Laubwälder auf 10–15 Kilogramm Stickstoff pro Hektare und Jahr (kg N/ha/Jahr) und für Nadelwälder auf 3–15 kg N/ha/Jahr (Bobbink et al. 2022). Im Schweizer Wald betragen die Stickstoffeinträge im Mittel 20 kg N/ha/Jahr, können gebietsweise aber mehr als 50 kg N/ha/Jahr erreichen (Rihm und Künzle 2023).

Ein Stickstoffüberschuss trägt zur Nährstoffverarmung und Versauerung der Waldböden bei (Kap. 2.2). Die seit 1997 im Rahmen der Interkantonalen Walddauerbeobachtung (WDB) gemessenen Bodenlösungen belegen die fortschreitende Bodenversauerung wegen hoher Stickstoffbelastung (Braun et al. 2020a). Darüber hinaus stört die Überversorgung mit Stickstoff das Nährstoffgleichgewicht in den Bäumen, insbesondere der essenziellen Nährstoffe Phosphor und Kalium. Ein Phosphorrückgang wurde sowohl in europäischen Wäldern (Jonard et al. 2014, Talkner et al. 2015) als auch in der Schweiz nachgewiesen (Braun et al. 2020b). Die Bäume verlieren dadurch an Resistenz gegen Trockenheit, Frost und Schädlingsbefall (Bobbink et al. 2022). Stickstoffüberschuss beeinträchtigt zudem die symbiontische Lebensgemeinschaft von Bäumen mit den Mykorrhiza-Pilzen (Peter et al. 2001). Diese

Abbildung 2.1.1

Emissionen von Luftschadstoffen von 1900 bis 2020 und Entwicklung des Ozonflusses (POD_1) für Buchen (grün). Die gestrichelten Linien entsprechen den Zielvorgaben gemäss dem Luftreinhalte-Konzept des Bundesrates von 2009 für NO_x und NH_3 sowie den von der UNECE festgelegten kritischen Belastungswerten für Ozon.



Quellen: CEIP 2023, Ozon Kartierung Meteotest nach Braun et al. 2014

besiedeln die Wurzeln und spielen eine herausragende Rolle bei der Versorgung der Bäume mit Nährstoffen aus Boden und Wasser. Die zunehmende Stickstoffbelastung reduziert sowohl Besiedlung und Wachstum als auch das Artenspektrum der Mykorrhiza-Pilze (de Witte et al. 2017, Suz et al. 2021).

Die Düngewirkung von Stickstoff steigert zunächst das Wachstum der Bäume mit einem maximalen Zuwachs bei einem Eintrag von 18–25 kg N/ha/Jahr (Etzold et al. 2021). Diese gesteigerte Zuwachsrates verändert jedoch das Verhältnis von ober- und unterirdischer Biomasse sowie die innere Struktur des Holzes, was wiederum die Standfestigkeit der Bäume schwächt (Braun et al. 2023a). Stickstoffeinträge von über 30 kg N/ha/Jahr hemmen das Baumwachstum (Etzold et al. 2020). Dieser Effekt wird durch gleichzeitige Trockenheit verstärkt (Braun et al. 2017). Die Stickstoffbelastung verändert auch die Artenzusammensetzung und -vielfalt des Unterwuchses sowie der Algen und Flechten im Wald. Die oft häufigen nährstoffliebenden Arten breiten sich weiter aus und verdrängen eher seltene spezialisierte Arten.

Ozonbelastung

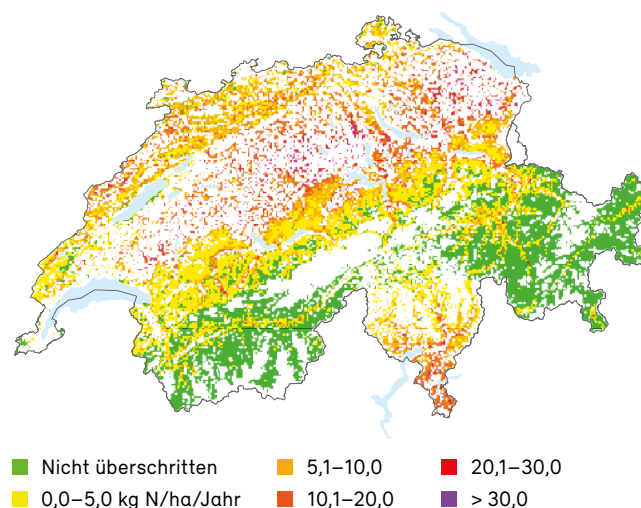
Ozon ist ein farb- und geruchloses Spurengas in der Atmosphäre, das in Bodennähe bei hoher Sonneneinstrahlung aus Stickoxiden und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) gebildet wird. Für Pflanzen und Menschen ist Ozon giftig. In der Schweiz wird der für die menschliche Gesundheit definierte Grenzwert von 120 Mikrogramm pro Kubikmeter während mehrerer hundert Stunden pro Jahr überschritten (BAFU 2022b). Während die Spitzenkonzentrationen seit 1980 sinken, nimmt die mittlere Belastung tendenziell zu. Im Tessin werden die mit Abstand höchsten Ozonwerte der Schweiz gemessen.

Ozon schädigt in den Blättern die fotosynthetisch aktiven Zellen. Die Folge ist eine verfrühte Blattalterung, die durch Entfärbung des Laubes sichtbar wird. Auch charakteristische Symptome wie kleine Pünktchen auf Blättern oder die Marmorierung von Nadeln weisen auf Ozonstress hin. Zudem bremst das Zellgift das Wachstum der Bäume. Zuwachsdaten der WDB bestätigen eine substanzielle Wachstumsabnahme als Folge der Ozonbelastung bei Buchen und Fichten in der Schweiz (Braun et al. 2022).

Ozon wirkt für die Pflanzen erst schädlich, wenn es durch die Spaltöffnungen der Blätter aufgenommen wird. Für eine Risikobewertung ausschlaggebend ist deshalb die aufgenommene akkumulierte Ozondosis – auch Ozonfluss genannt –, nicht die atmosphärische Ozonkonzentration. Der Ozonfluss hängt von den Umweltbedingungen ab. Bei trockener Luft und geringer Bodenwasserverfügbarkeit, im Sommer z. B., schliesst die Pflanze die Spaltöffnungen, um Wasserverlust zu vermeiden. Trotz hoher Konzentration in der Luft nimmt die Pflanze so wenig oder kein Ozon auf. Das Ausmass des Ozonflusses variiert je nach Baumart. In Begasungsexperimenten wurde ein kritischer Grenzwert des Ozonflusses für Buchen von 5,2 Millimol pro Quadratmeter Blattfläche und Jahr ($\text{mmol}/\text{m}^2/\text{Jahr}$) errechnet, der bei dieser Baumart eine durchschnittliche Wachstumsreduktion von 4 % nach sich zieht. Für Fichten wurde ein kritischer Grenzwert von 9,2 $\text{mmol}/\text{m}^2/\text{Jahr}$ errechnet, mit einer Wachstumsreduktion von 2 % (CLRTAP 2017a). Bei der Buche hat der Ozonfluss seit 1991 tendenziell leicht abgenommen, liegt aber immer noch deutlich über dem kritischen Grenzwert (Abb. 2.1.1).

Abbildung 2.1.2

Überschreitung der kritischen Belastungswerte für Stickstoffeinträge aus der Luft in Kilogramm Stickstoff pro Hektare und Jahr ($\text{kg N}/\text{ha}/\text{Jahr}$), für das Jahr 2020.



Quelle: BAFU 2023, Meteotest

2.2 Boden

Katrin Meusburger, Simon Tresch, Janine Schweier, Sabine Braun, Sabine Augustin, Stephan Zimmermann

- Die zunehmende Häufung von Trockenjahren mit begrenzter Bodenwasserverfügbarkeit ist eine Belastung für den Wald.
- Die Bodenversauerung aufgrund übermässiger Stickstoffeinträge ist weiter fortgeschritten. Dadurch sinkt die Verfügbarkeit wichtiger basischer Nährstoffe wie Kalzium, Magnesium und Kalium. Gleichzeitig wird toxisches Aluminium freigesetzt.
- Eine weitere Bedrohung sind physikalische Belastungen bei der Waldbewirtschaftung wie zum Beispiel die Bodenverdichtung durch schwere Forstmaschinen. Sie könnten mit angepassten Bewirtschaftungsmethoden vermieden werden.

Wasserverfügbarkeit im Boden

Boden ist die Lebensgrundlage für den Wald und in menschlichen Zeiträumen nicht erneuerbar (Alewell et al. 2015). Der Waldboden versorgt den Wald mit Wasser und Nährstoffen. Beide Funktionen werden durch Klimaveränderungen, Luftverschmutzung (Kap. 2.1) und physikalische Belastungen wie die Verdichtung durch Forstmaschinen beeinträchtigt. Daher ist der Schutz der Böden zentral.

Die Wasserverfügbarkeit im Boden war in den vergangenen Trockenjahren stark eingeschränkt (Meusburger et al. 2022). Ein Mass für die Wasserverfügbarkeit für eine Vegetation an einem Standort ist das Verhältnis von aktueller Verdunstung (T_a) zu potenzieller Verdunstung (T_p). Je kleiner das Verhältnis T_a/T_p ist, umso geringer ist die aktuelle Verdunstung durch die Vegetation, was auf Trockenstress durch zu geringe Wasserverfügbarkeit hindeutet. In den Trockenjahren 2003, 2015, 2018 und 2022 kam es insbesondere in den Tallagen des Wallis, aber auch am Jurabogen sowie im Klettgau und im Tessin zu Trockenstress (Abb. 2.2.1).

Nährstoffverfügbarkeit und Bodenversauerung

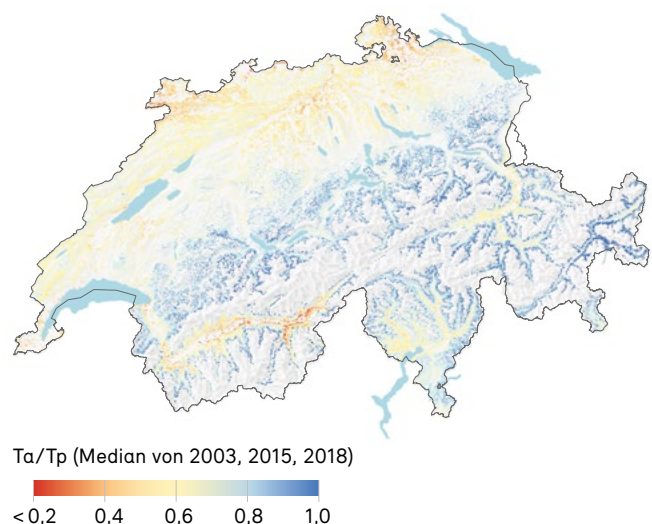
Ein wichtiger Indikator für die Nährstoffverfügbarkeit im Boden ist die Basensättigung, also der prozentuale Anteil der basischen Nährstoffe Kalzium, Magnesium, Kalium und Natrium an der gesamten Austauschkapazität des Bodens. Von dieser Kapazität hängt die Nährstoffaufnahme der Bäume

ab. Eher saure Böden im Mittelland und auf der Alpensüdseite haben – je nach Beschaffenheit der bodenbildenden Gesteine – mittlere bis tiefe Basensättigungswerte zwischen 15 % und 40 % im Oberboden. Auf kalkhaltigen Gesteinen wie im Jura oder in den Kalkalpen ist die Basensättigung mit durchschnittlich über 40 % höher (Abb. 2.2.2a).

Waldböden versauern, wenn die Säureeinträge aus der Atmosphäre grösser sind als die Verwitterungsrate, also die Nachlieferung von basischen Nährstoffen durch Verwitterung im Boden. Bei fortschreitender Versauerung sinkt der pH-Wert des Bodens, Nährstoffe werden ausgewaschen, und in der Folge nimmt auch die Basensättigung ab. In der seit 1984 laufenden Interkantonalen Walddauerbeobachtung (WDB) wurde zwischen 2005 und 2016 an allen Standorten ($n = 176$) eine Versauerung sowie eine Abnahme der Basensättigung beobachtet. In den kalkfreien Bodenschichten ist der pH-Wert um 0,22 Einheiten gesunken. Die Basensättigung im Oberboden hat um durchschnittlich 2,9 % abgenommen. Die Ergebnisse zeigen, dass der Prozess mit dem zu hohen Stickstoffeintrag zusammenhängt

Abbildung 2.2.1

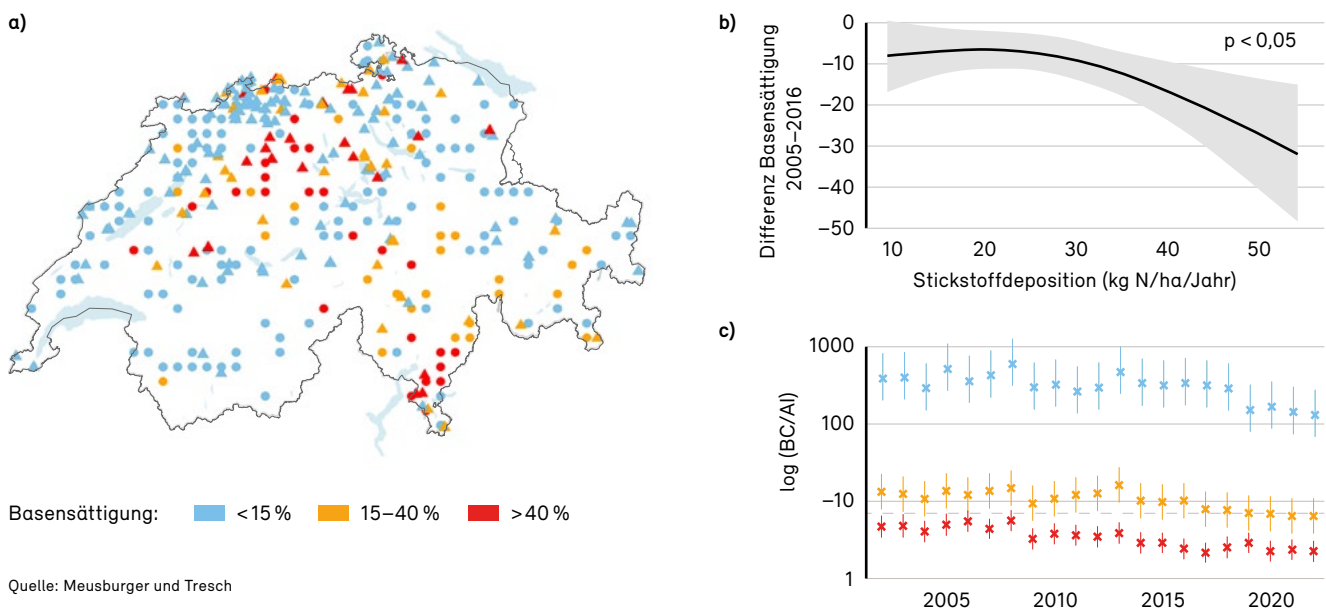
Modelliertes Verhältnis von aktueller zu potenzieller Verdunstung (T_a/T_p) im Juli und August der drei Trockenjahre 2003, 2015 und 2018.



Quelle: Meusburger et al. 2022

Abbildung 2.2.2

a) Basensättigung im Oberboden (0–40 cm) auf einem 8x8-km-Raster ($n = 172$, Punkte) und an den WDB-Standorten ($n = 213$, Dreiecke),
 b) modellierter Zusammenhang zwischen der Differenz der Basensättigung der Jahre 2005 und 2016 und der Stickstoffdeposition
 ($n = 485$ kalkfreie Proben von 123 WDB-Standorten), c) mittleres BC/Al-Verhältnis im Bodenwasser mit unterschiedlicher Basensättigung
 ($n = 45$ WDB-Standorte und $n = 9$ Standorte der Langfristigen Waldökosystemforschung [LWF]), von 2000 bis 2023.



(Abb. 2.2.2b). Der Grund: Überschüssiger Stickstoff wird im Boden vom Regen als Nitrat ausgewaschen. Dabei werden gleichzeitig basische Nährstoffe weggeschwemmt. Dadurch sinkt die Nährstoffverfügbarkeit (Braun et al. 2020a), was eine Mangelernährung der Bäume (Braun et al. 2020b) zur Folge haben kann.

Bei einer Versauerung des Bodens wird zugleich toxisches Aluminium freigesetzt, welches das Wurzelwachstum hemmt. Das Verhältnis zwischen den basischen Nährstoffkationen (BC) und anorganischem Aluminium (Al) in der Bodenlösung wird ebenfalls als Mass für die Bodenversauerung verwendet. Im sinkenden BC/Al-Verhältnis über die vergangenen Jahre zeigt sich denn auch die fortschreitende Bodenversauerung in vielen Waldböden der Schweiz (Abb. 2.2.2c). Ein kleines BC/Al-Verhältnis geht mit der Schwächung von Vitalitätsparametern von Bäumen einher, etwa dem Wachstum (Sverdrup und Warfvinge 1993), mit einer geringen Durchwurzelungstiefe (Braun et al. 2005) und mit einer grösseren Anfälligkeit für Windwurf (Braun et al. 2003).

Physikalischer Bodenschutz

Physikalische Bodenschäden wie Erosionen und Bodenverdichtungen entstehen u. a. durch den unsachgemässen Einsatz von schweren Forstmaschinen. Mit anderen Arbeitsverfahren, gezielter zeitlicher Planung und geeigneter Maschinenteknik bei der Waldbewirtschaftung können Schäden reduziert werden (Lüscher et al. 2019). So vermindert das Absenken des Reifenfülldrucks von 3,5 bar auf 2,5 bar die Druckspitzen im Boden sowie die Spurbildung deutlich. Auch hat sich die Verwendung sogenannter Bogiebänder bewährt, die wie mobile Raupen über die Räder gezogen werden. Sie übertragen die Traktionskräfte mit weniger Schlupf und reissen den Boden weniger auf. Zudem reduzieren sie die Spurbildung. Bei der vollmechanisierten Nadelholzernte können die anfallenden Äste als Reisigmatte auf den Rückegassen ausgelegt werden. Dadurch werden die Traktionskräfte auf die Reisigmatte übertragen, und der Boden wird geschont. Die Basis für eine bodenschonende Holzernte ist ein gutes und langfristig nutzbares Wegenetz.

2.3 Zustand der Baumkronen

Stefan Hunziker, Sabine Augustin, Sabine Braun, Simon Tresch, Christian Hug, Peter Waldner, Arthur Gessler

- Die Kronenverlichtung in den Schweizer Wäldern nimmt, bei starken jährlichen Schwankungen, tendenziell zu. Das zeigen die Ergebnisse der Sanasilva-Inventur sowie der Interkantonalen Walddauerbeobachtung (WDB).
- Bei einigen Baumarten wird ein Anstieg der Mortalität beobachtet, der ebenfalls jährlichen Schwankungen unterworfen ist.
- Die jährlichen Schwankungen lassen sich zum Teil durch Extremereignisse wie Sturm oder ein Trockenjahr erklären. Die seit zehn Jahren ansteigenden Trends könnten sich weiter verstärken, wenn sich die von den Klimamodellen vorhergesagten Extremereignisse häufen.

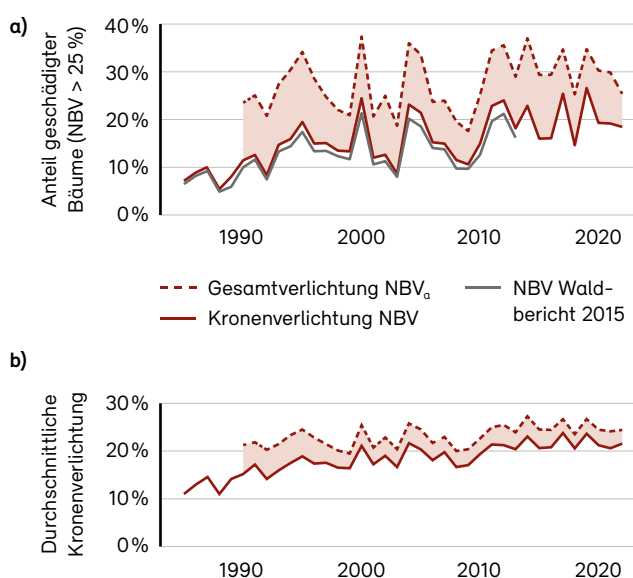
Kronenverlichtung

Die Benadelung und die Belaubung von Bäumen sind aussagekräftige Indikatoren für den Zustand eines Waldes. Im Rahmen der jährlichen Sanasilva-Inventur wird die Kronenverlichtung in den Schweizer Wäldern seit 1985 jeweils im Sommer systematisch erfasst. Dabei werden rund 1000 Bäume auf derzeit 49 Stichprobeflächen des Landesforstinventars (LFI) nach einem standardisierten Verfahren visuell beurteilt. Die Flächen sind auf einem quadratischen 16x16-km-Koordinatennetz über das Land verteilt.

Die Kronenverlichtung wird als Prozentanteil des Nadel- oder Blattverlustes (NBV) einer Krone angegeben, der nicht mit einer bekannten Ursache erklärt werden kann. Als Vergleichswert gilt ein voll belaubter Baum gleichen Alters am gleichen Standort. Seit 1990 wird zudem die Gesamtverlichtung (NBV_a) erfasst. Sie beinhaltet auch das Ausmass der Kronenverlichtung bekannter Ursachen, also Windbruch, Hagelschlag, Schneebruch oder Blüheffekte wie massenhafte Blüte und Samenproduktion. Noch lebende Bäume mit über 25 % Kronenverlichtung werden als «geschädigt» bezeichnet, solche mit über 60 % Kronenverlichtung als «stark geschädigt». Die Sanasilva-Inventur ist Teil des ICP-Forests-Monitoring (International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests), das in fast allen Ländern Europas vergleichbare Daten erhebt (Eichhorn et al. 2020). Mit ähnlichen Methoden werden seit

Abbildung 2.3.1

Entwicklung der Kronenverlichtung (alle Baumarten) von 1985 bis 2022 nach Kronenverlichtung unbekannter Ursache (NBV) und Gesamtverlichtung (NBV_a). Die eingefärbten Flächen zeigen die Verlichtung bekannter Ursachen. a) Anteil der geschädigten Bäume (NBV > 25 %). Als Vergleich dargestellt ist die Kronenverlichtung aus dem Waldbericht 2015, die auf einer anderen Datenauswertung und Qualitätskontrolle beruht (graue Linie). b) Entwicklung der durchschnittlichen Kronenverlichtung aller Baumarten nach NBV und NBV_a. (NBV = Nadel- und Blattverlust)



Quelle: Sanasilva-Inventur

1984 in der Interkantonalen Walddauerbeobachtung (WDB) 184 zusätzliche Flächen mit über 12 500 Buchen, Fichten und Eichen erfasst, wobei die Eichen erst seit 2008 erfasst werden. Die WDB-Flächen wurden gezielt ausgewählt, um weitere ökologische Einflussfaktoren zu untersuchen. Direkte Vergleiche der absoluten Werte mit der flächenrepräsentativen Sanasilva-Inventur sind daher nicht möglich.

Entwicklung des Kronenzustands

Die Ergebnisse der Sanasilva-Erhebungen zeigen, dass der Anteil geschädigter Bäume (NBV > 25 %) über alle Baumarten gemittelt langfristig zugenommen hat (Abb. 2.3.1a). Von 1985 bis 1989 lag dieser meist deutlich unter 10 %. Ab 2010 überstieg er regelmässig 25 %, mit einem Maximum

von fast 27 % im Jahr 2019. Die Effekte bei Nadel- und Laubbäumen sind vergleichbar. Noch ausgeprägter zeigt sich der langfristige Aufwärtstrend bei der Zunahme der durchschnittlichen Kronenverlichtung (Abb. 2.3.1b). Der Anteil stark geschädigter Bäume (NBV > 60 %) blieb über den gesamten Beobachtungszeitraum bei unter 3 %, ist seit etwa 2004 jedoch auf tiefem Niveau angestiegen.

Bei der Gesamtverlichtung NBV_g ist der Anteil der geschädigten Bäume naturgemäss höher (Abb. 2.3.1a), weil darin auch die bekannten Ursachen eingeschlossen sind. Diese lassen keinen Rückschluss auf den Gesundheitszustand eines Baumes zu. Erst eine differenzierte Analyse des Kronenzustands erlaubt präzisere Aussagen über die langfristigen Trends. So zeigen sich bei der Gesamtverlichtung oft grosse jährliche Schwankungen. Der langjährige Trend zu einem höheren Anteil geschädigter Bäume ist jedoch weniger ausgeprägt. Die starken jährlichen Schwankungen weisen auf den Einfluss von Extremereignissen wie Stürmen und Trockenjahren hin, wobei sich diese meist mit einer Verzögerung von einem Jahr bis mehrere Jahre auf die Kronenverlichtung auswirken (Frei et al. 2022).

Die Gesamtverlichtung auf den WDB-Flächen ist in Abbildung 2.3.2a für Buchen, Fichten und Eichen dargestellt. Die jährlichen Schwankungen sind auf Witterungseinflüsse wie Trockenheit und Spätfrost und bei den Buchen auch auf Fruchtbehang und Nährstoffdefizite zurückzuführen (Braun und Flückiger 2013). Auffällig ist, dass der Anteil stark geschädigter Baumkronen bei allen drei Baumarten nach dem sehr trockenen Sommer 2018 stark zugenommen hat (Abb. 2.3.2b).

Entwicklung der Baummortalität

Auf den Sanasilva-Flächen wird als weiterer Indikator für die Waldgesundheit die Mortalitätsrate der Bäume erfasst (Abb. 2.3.3). Die Daten für Nadelbäume lassen keinen langfristigen Trend erkennen, zeigen jedoch eine hohe Mortalität nach Stürmen oder Dürreperioden. Bei den Laubbäumen ist die Mortalitätsrate zwischen 2009 und 2022 angestiegen. Der in den Schweizer Wäldern beobachtete Anstieg zeigte sich auch bei Untersuchungen in anderen europäischen Ländern (Senf et al. 2018).

Auch auf den WDB-Flächen wurde nach dem Trockenjahr 2018 ein starker Anstieg der Mortalität bei Fichten und Buchen festgestellt (Abb. 2.3.2c; Braun et al. 2021,

Tresch et al. 2023). Bei den Eichen, die erst seit 2008 erfasst werden, ist, bei grossen jährlichen Schwankungen, kein langfristiger Trend auszumachen.

Abbildung 2.3.2

Entwicklung der Kronenverlichtung (NBV) und Mortalität bei Buchen, Eichen und Fichten von 1984 bis 2022. a) Anteil geschädigter Bäume (NBV > 25 %). b) Anteil stark geschädigter Bäume (NBV > 60 %). c) Anteil abgestorbener Buchen, Eichen und Fichten. (NBV = Nadel- und Blattverlust)

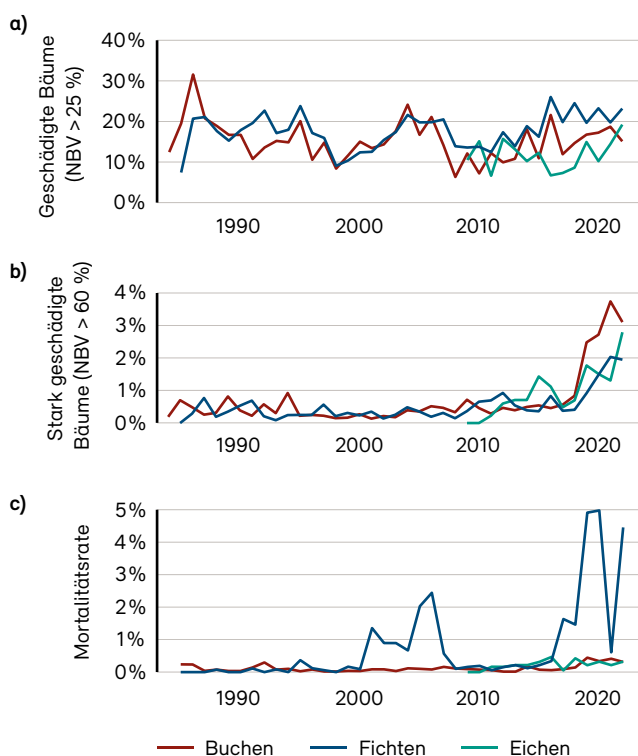
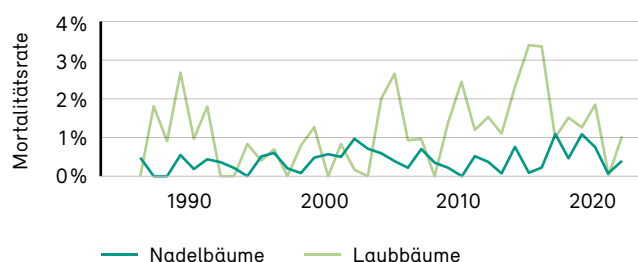


Abbildung 2.3.3

Mortalitätsrate der Nadel- und Laubbäume von 1985 bis 2022.



2.4 Waldschäden

Valentin Queloz, Marco Conedera, Gianni Boris Pezzatti, Michael Sautter, Sophie Stroheker, Meinrad Abegg, Sabine Braun, Simon Tresch, Aline Knoblauch, Simon Blaser

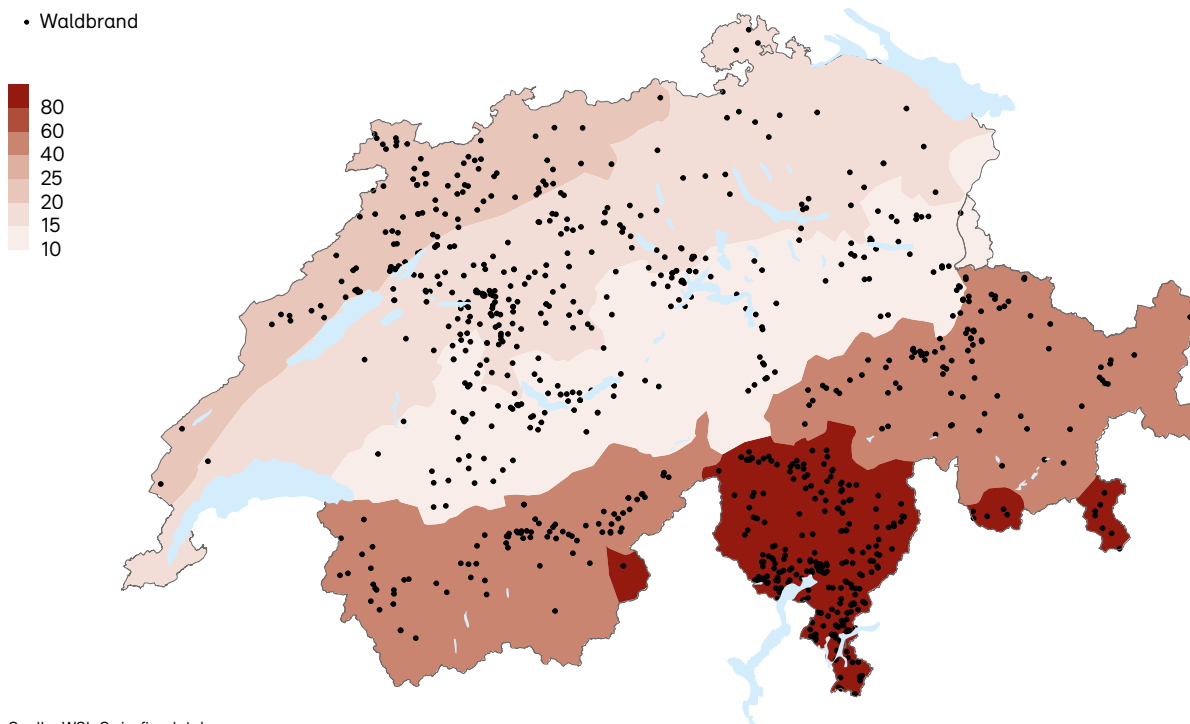
- Erhöhte Temperaturen sowie die Häufung von Dürreperioden haben eine Zunahme der Waldbrandgefahr zur Folge. Kombinierte Effekte von solchen abiotischen Faktoren und einheimischen und gebietsfremden Schadorganismen führen zu in Art und Dimension neuartigen Schadereignissen.
- Die Waldbäume sind vielerorts geschwächt und infolge von Klimawandel, Waldbrand, Hagel, komplexen Baumkrankheiten und dem Druck invasiver Arten vereinzelt oder lokal flächig abgestorben.
- Baumarten und Herkünfte, die gegen Klimawandel und Schadorganismen resistenter sind, sind unerlässlich, damit der Wald weiterhin seine Leistungen erbringen kann.

Waldbrände

Von 2015 bis 2022 wurden in der Schweiz jährlich durchschnittlich 114 Waldbrände (Abb. 2.4.1) mit einer mittleren Brandfläche von 143,3 Hektaren registriert. Der Anstieg gegenüber der Dekade von 2005 bis 2015 (98,3 Waldbrände bzw. 94,7 ha pro Jahr) kann erstens dadurch erklärt werden, dass die Waldbranddaten erst ab 2008 systematisch in allen Kantonen erfasst werden, und zweitens durch die Zunahme der Trockenheitsperioden. Die meisten Brände (57 %) finden in der Vegetationsperiode von Mai bis November statt. Doch der grösste Anteil der Brandfläche (88 %) ist von winterlichen Bodenfeuern betroffen. Durchschnittlich 24 % der Brände in der Vegetationsperiode und 13,7 % im gesamten Jahr entstehen durch Blitzschlag. Diese Brände schwelen tendenziell unterirdisch, betreffen aber mit durchschnittlich rund 0,2 Hektaren nur kleine Flächen.

Abbildung 2.4.1

Anzahl Waldbrände pro 1000 km² brennbarer Fläche von 2015 bis 2022.



Quelle: WSL Swissfire database

Die Brandfläche war südlich der Alpen mit insgesamt 352 Hektaren pro 1000 Quadratkilometer (ha/1000 km²) brennbarer Fläche um ein Vielfaches höher als in den übrigen Regionen der Schweiz (Alpen: 8 ha/1000 km², Jura: 5 ha/1000 km²). Grössere Waldbrände mit einer Fläche von über 50 Hektaren sind nur auf der Alpensüdseite ausgebrochen: der durch Fahrlässigkeit verursachte Brand vom 3. Januar 2022 am Monte Gambarogno mit einer Brandfläche von 196 Hektaren, der Brand vom 23. März 2022 in Verdasio-Centovalli (87 ha, Bahnbetrieb), die beiden Brände vom 27. Dezember 2016 in Mesocco (119 ha, Brandstiftung) und in Chironico (114 ha, Fahrlässigkeit) sowie derjenige vom 2. Dezember 2016 in Isonne (180 ha, Armee), bei dem der Grossteil der abgebrannten Fläche (160 ha) Grasland war. Lange Trockenperioden erhöhen die Anzahl Waldbrände (WSL Swissfire database). Dank rascher Intervention und verstärkten Präventionsmassnahmen blieb das Waldbrandgeschehen weitgehend unter Kontrolle. Die regionalen und kantonalen Waldbrandkonzepte und -strategien wurden durch die Einführung eines nationalen Waldbrandgefahreninformationssystems ergänzt und so die Waldbrandprävention mit einer landesweiten und täglichen Gefahrenwarnung gestärkt.

Wärme, Trockenheit und Windwurf

Klimatische Extremereignisse wie Hitze und Trockenheit sowie langjährige Wasserdefizite erzeugen zunehmend mehr Waldschäden. Trockenheit verursacht direkte Absterbeerscheinungen und schwächt die Widerstandsfähigkeit der Bäume gegenüber Schadorganismen wie Insekten oder Pilzen (Kap. 2.5). Die Zwischenergebnisse des fünften Landesforstinventars LFI5 (2018–2026) zeigen, dass die Vitalität der Bäume durch Trockenheit oder Dürre in den letzten Jahren deutlich abgenommen hat (Abegg et al. 2023). Der Anteil der Schadflächen, die nur durch Trockenheit verursacht worden sind, liegt bei 7,2 % (± 2 %). Im Vergleich zum langjährigen Mittel 1984–2018 ist die Mortalität aufgrund von Trockenheitsschäden auf den rund 200 Flächen der Interkantonalen Walddauerbeobachtung (WDB) in den Jahren 2018–2022 deutlich angestiegen: bei den Fichten um das Zehnfache (Tresch et al. 2023), bei den Buchen um das Dreifache (Braun et al. 2021).

Neben Trockenheit, Hitze oder Waldbränden erzeugen auch Windwürfe oder Hagel bedeutende Waldschäden. So hat

der Wintersturm Burglind 2018 1,3 Millionen Kubikmeter Wurfholz verursacht. Verheerende Sommerstürme, insbesondere Hagelstürme, sind in der letzten Dekade gegenüber der Vorperiode 2003–2012 häufiger aufgetreten. Im Juli 2021 sind mehrere ausserordentlich starke Hagelstürme über die Schweiz gezogen. Die Einschläge der Hagelkörner verursachten lokal grossflächige Rindenabplatzungen sowie Wipfelbrüche, schwächten insbesondere Nadelgehölze und liessen mancherorts ganze Bestände absterben (Dubach et al. 2023). Auf den Buchen- und Fichtenflächen der WDB war eine signifikante Erhöhung von Windwurf und Stammbruch zu beobachten (Braun et al. 2023b).

Einheimische Insekten

Nach den abiotischen Störungen, also den Winterstürmen Burglind und Vaia sowie den Hitzesommern 2018, 2019 und 2020, waren zahlreiche Regionen der Schweiz von einem grossflächigen Borkenkäferbefall betroffen. Die Störungen verursachten grosse Schadholzmengen, die dem Buchdrucker (*Ips typographus*) ideale Brutbedingungen boten. Die Folge war eine Massenvermehrung dieser Borkenkäferart, die 2019 den Höhepunkt erreichte, als schweizweit über 1,5 Millionen Kubikmeter Fichtenholz befallen wurden (Stroheker et al. 2020). Der Befall widerspiegelt sich in den Zwischenergebnissen des LFI5, die im Mittelland bei der Fichte einen Rückgang des Holzvorrats um 15,4 % gegenüber den Ergebnissen des LFI4 (2009–2017) aufzeigten.

In den Jahren 2022 und 2023 ist im Kanton Wallis mit der Holländischen Eichenminiermotte (*Acrocercops brongniardella*) eine einheimische Schmetterlingsart mit intensiven und flächigen Ausbrüchen aufgefallen. Sie hatte bis dahin als unscheinbar gegolten. Die Eichenminiermotte verursacht Schäden durch die Miniertätigkeit ihrer Raupen, welche die Eichenblätter verbräunt und den vorzeitigen Abwurf der Blätter verursacht (Dubach et al. 2023).

Einheimische Pilz- und Bakterienerkrankungen

Nicht alle Schadorganismen profitieren vom Klimawandel und von Extremereignissen. Obwohl gestresste Bäume in der Regel gegen Pilzinfektionen weniger widerstandsfähig sind, hemmen trockene und heisse Sommer die Entwicklung vieler Pilze. Während im langfristigen Trend einige Pilzkrankheiten wie die Hallimasch-Infektion, das Föhrentriebsterben (*Diplodia sapinea*) sowie die Kohlenbeere (*Biscogniauxia* spp.) mit dem Klimawandel zunehmen,

Abbildung 2.4.2

a) Schleimflusssymptome an Eichen im Kanton Baselland. b) Beprobung für den Nachweis von AOD-auslösenden Bakterien und Phytophthora bei Waldschutz Schweiz (WSS). Fotos: Simon Tresch (IAP)



werden andere Krankheiten und Erreger eher zurückgedrängt – so die Eipilze der Gattung *Phytophthora* oder die Russige Douglassenschütte (*Nothophaeocryptopus gaeumannii*) (Sturrock 2012).

Manche Pilzkrankungen zeigen von Jahr zu Jahr aufgrund der Witterung eine hohe Variabilität. Der Erreger des Föhrentriebsterbens etwa wird durch Hitze und Trockenheit stark gefördert. Wenn dann noch ein Hagelereignis den Eintritt des Pilzes in die Triebe begünstigt, entwickelt er sich bei nachfolgender Dürre rasant und kann die Föhren in einer einzigen Vegetationsperiode absterben lassen.

Ein markantes Phänomen der letzten Jahre war die Zunahme des Schleimflusses bei Bäumen. Dieser kann von Pilzen, pilzähnlichen Mikroorganismen der Gattung *Phytophthora* oder Bakterien ausgelöst werden. So wurde 2017 erstmals in der Schweiz bei Traubeneichen das durch verschiedene Bakterienarten verursachte akute Eichensterben (engl.: Acute Oak Decline, AOD) nachgewiesen (Abb. 2.4.2). Inzwischen sind im Mittelland und im Jura mehrere Standorte mit befallenen Eichen beobachtet worden. AOD kann in Kombination mit dem

Eichenprachtkäfer (*Agrilus biguttatus*) und anderen Umweltfaktoren das Absterben der befallenen Eichen verursachen (Dubach et al. 2023).

Gebietsfremde Schadorganismen

Neben einheimischen Schadorganismen bedrohen auch eingeschleppte invasive Arten den Schweizer Wald. Besonders gefährlich ist der Asiatische Laubholzbockkäfer (ALB, *Anoplophora glabripennis*), der keine natürlichen Feinde in Europa hat. Er befällt verschiedene Laubhölzer und kann sie in wenigen Jahren zum Absterben bringen. Seit Herbst 2011 wurden in der Schweiz fünf Befälle im Freiland registriert. Vier davon gelten mittlerweile dank konsequenter Bekämpfung und Überwachung als getilgt. Der bisher grösste Freilandausbruch ist im Sommer 2022 im Kanton Luzern entdeckt worden.

Mit dem Nordischen Fichtenborkenkäfer (*Ips duplicatus*) wurde 2019 im St. Galler Rheintal ein weiteres Schadinsekt für Nadelgehölze nachgewiesen. Im Tessin wurden 2022 vier neue gebietsfremde Laubholzborkenkäfer entdeckt, deren Schadenspotenzial noch weitgehend unbekannt ist (Dubach et al. 2023). Schliesslich sind mit dem erstmaligen

Nachweis der Zickzack-Ulmenblattwespe (*Aproceros leucopoda*) 2017 im Kanton Zürich und der nordamerikanischen Douglassengallmücke der Gattung *Contarinia* 2022 weitere gebietsfremde Forstschadinsekten dazugekommen (Beenken et al. 2018, Blaser et al. 2023). Die aus China stammende Kastaniengallwespe (*Dryocosmus kuriphilus*) richtet auf der Alpensüdseite bereits seit Jahren beträchtliche Schäden an Kastanien an. Inzwischen konnte sich mit der asiatischen Schlupfwespenart *Torymus sinensis* ein natürlicher Feind der Kastaniengallwespe etablieren (Beenken et al. 2018).

Das Eschentriebsterben, das vom ostasiatischen Pilz *Hymenoscyphus fraxineus* verursacht wird, ist erstmals 2008 in der Schweiz nachgewiesen worden. Die Krankheit führt in der Verjüngung zu einer sehr hohen Mortalität. Erwachsene Eschen überleben länger. Ein Teil fällt mit der Zeit dennoch dem Eschentriebsterben oder sekundär dem Hallimasch zum Opfer. 2022 mussten 168 489 Kubikmeter Eschenholz zwangsgenutzt werden, was einem Rekord in der Periode 2016–2022 entsprach. Das Ereignis widerspiegelt sich in den Zwischenergebnissen des LFI5, die bereits eine leichte Abnahme des Eschenholzvorrates im Jura und im Mittelland zeigten (Abegg et al. 2023). Etwa 2–5 % der Eschen sind resistent. Diese Bäume sollten erhalten werden, um ihre Resistenz an nachkommende Generationen weitergeben zu können (Dubach et al. 2023).

Darüber hinaus sind in der letzten Dekade einige neue pilzartige und bakterielle Erreger beschrieben oder nachgewiesen worden, die noch nicht als invasiv gelten: das Bakterium *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi* an der Rosskastanie, der Pilz *Petrakia liobae*, der Buchenblätter befällt, der Hagebuchenrindenkrebs (*Cryphonectria carpinicola*), drei neue asiatische Mehltäupilze sowie der Schlauchpilz *Microstrobilinia castrans*, der männliche Fichtenkätzchen befällt und diese unfruchtbar macht. Auch der invasive Pilz *Cryptostroma corticale*, der die Russrindenkrankheit des Ahorns auslöst, hat mit dem Klimawandel an Bedeutung gewonnen und wurde in der Schweiz vermehrt nachgewiesen. Er tötet das Kambium (die Wachstumsschicht des Baumes) ab und bildet auf dem Stamm eine russige Schicht mit Pilzsporen. Diese können beim Menschen allergische Reaktionen hervorrufen.

Um den Wald vor gebietsfremden Schadorganismen zu schützen und um deren weitere Einschleppung und Ausbreitung zu verhindern, müssen phytosanitäre Massnahmen ergriffen werden. In der Schweiz ist der Eidgenössische Pflanzenschutzdienst (EPSD) für diese Aufgaben zuständig. Er kontrolliert jährlich rund 2000 importierte Container mit Holzverpackungsmaterialien auf besonders gefährliche Schadorganismen. Für die Früherkennung eines Befalls ist zudem die Sensibilisierung der Bevölkerung von zentraler Bedeutung. Für das Personal in den Berufszweigen der Grünen Branche werden zudem fachspezifische Kurse organisiert. Parallel dazu haben Bund, Kantone und WSL in den Jahren 2020 bis 2022 eine risikobasierte Gebietsüberwachung für bestimmte Schadorganismen entwickelt.

Kombinierte Effekte und ihre Folgen

Kombinierte Effekte von abiotischen und biotischen Faktoren können zu Schadereignissen führen, die in Art und Dimension neuartig sind. So sind in Gebieten mit hoher Stickstoffdeposition, insbesondere in Tieflagen und in standortsfremden Fichtenbeständen, die Auswirkungen der Trockenheit auf den Borkenkäferbefall deutlich höher (Tresch et al. 2023). Aber kombinierte Effekte können auch zwischen biotischen Faktoren allein auftreten. So kann die Kastaniengallwespe in Kombination mit dem durch den Pilz *Cryphonectria parasitica* verursachten Kastanienrindenkrebs die Mortalität der Kastanie erhöhen.

2.5 Einfluss des Klimawandels auf Gesundheit und Vitalität

Matthias Saurer, Arthur Gessler, Charlotte Grossiord, Meinrad Abegg, Sabine Augustin, Marcus Schaub

- Die Häufung von warmen und trockenen Jahren wird zunehmend zu einer Belastung für den Wald. Selbst Baumarten, die bisher als trockenresistent galten, leiden darunter.
- Zwischenergebnisse des fünften Landesforstinventars zeigen eine Zunahme von geschädigten Bäumen. Hauptursachen sind Insekten und Krankheitserreger sowie Windwurf und Vitalitätsverlust nach Trockenheit.
- Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) und die Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) haben Werkzeuge zur Baumartenwahl im Klimawandel entwickelt. Wichtige Massnahmen sind die Förderung von Mischwäldern und die Erhöhung der genetischen Vielfalt der Wälder.

Hohe Temperaturen und Regenarmut

Infolge des Klimawandels ist die durchschnittliche Jahrestemperatur in der Schweiz im Vergleich der 30-Jahres-Periode 1993–2022 mit der vorindustriellen Periode 1871–1900 um 2 °C angestiegen (Meteo Schweiz 2023). Seit einigen Jahren häufen sich zudem extrem warme und trockene Jahre. So wurden die meisten Rekordmarken des Sommers 2003 bei Temperatur und Trockenheit schon wieder mehrfach übertroffen, obwohl 2003 als Jahrhundertssommer gegolten hatte. Die sieben wärmsten Jahre seit Messbeginn sind nach 2010 registriert worden. Besonders 2018 sticht mit einem neuen Jahresrekord bei der Temperatur des Sommerhalbjahres hervor, es war so warm wie noch nie ein Jahr seit Messbeginn 1864. Begleitet wurden die hohen Temperaturen von einer ausgeprägten Regenarmut. Die Trockenheit ist selbst im historischen Zeitraum von 2100 Jahren aussergewöhnlich stark, wie anhand von Jahrringen rekonstruiert wurde (Büntgen et al. 2021). Sie hat zu verbreiteten Baumschäden wie z. B. Kronenverlichtung geführt (Kap. 2.3). Die schnelle Aufeinanderfolge von trockenen und heissen Sommern erschwert den Wäldern zudem die Erholung.

Auswirkungen auf die Bäume

Im Wald hat das geänderte Klima weitere Folgen. So treiben viele Laubbäume früher aus. Das Risiko von Spätfrösten im Frühling bleibt trotzdem hoch oder nimmt

sogar zu (Vitasse et al. 2018). Baumarten, die sich von Frostschäden rasch erholen, könnten in Zukunft profitieren (Baumgarten et al. 2023). Die längere Vegetationsperiode könnte für diejenigen Arten von Vorteil sein, die ihre Fotosynthese im Frühling und im Herbst maximieren und damit die reduzierte Aufnahme von Kohlenstoff während des Sommers ausgleichen können, z. B. die Flaumeiche (Grossiord et al. 2022). Die längere Vegetationsperiode ist für das Wachstum jedoch nicht in jedem Fall von Vorteil, weil dieses vor allem von der Anzahl feuchter Tage abhängt (Etzold et al. 2022). Die Kombination von Wassermangel im Boden, sehr hohen Temperaturen und Lufttrockenheit wirkt sich immer stärker auf den Wald aus. Besonders betroffen sind Fichten in tiefen Lagen, die wegen des Wassermangels plötzlich absterben könnten (Arend et al. 2021; Kap. 2.3).

Sogar Baumarten, die bisher als trockenresistent galten, wie Buchen und Weisstannen, leiden unter der zunehmenden Trockenheit. Bei der Buche bilden sich in den wasserleitenden Gefässen kleine Luftbläschen, sogenannte Embolien. Dadurch können ganze Kronenteile nicht mehr mit Wasser versorgt werden und sterben ab (Braun et al. 2021, Schuldt et al. 2020). Dafür ist nicht nur das aktuelle Jahr entscheidend, sondern auch wie trocken es in den Vorjahren war (Klesse et al. 2022). Insbesondere an trockeneren Standorten spielt zudem die Winterfeuchte eine grosse Rolle (Goldsmith et al. 2022). Die Tanne reagiert sehr empfindlich auf ein hohes Wasserdampfdruckdefizit der Luft. Dieses ist vor allem bei sehr heisser und trockener Luft erhöht (Etzold et al. 2022), was bei der Baumartenwahl verstärkt berücksichtigt werden sollte. Dabei ist das Wasserdampfdruckdefizit ein wichtiges Kriterium für die Klassifizierung der Standorte von «trocken» bis «feucht/frisch» (Braun et al. 2023c).

Langanhaltende oder wiederholte Stressphasen können bei den Bäumen zu einem Kohlenstoffmangel führen, weil sie in diesen Phasen ihre Spaltöffnungen schliessen, um Wasser zu sparen. Dadurch wird die Vitalität der Bäume beeinträchtigt, was langfristig ihre Blatt- oder Nadelmasse reduziert. Überdies fehlt es den Bäumen an Energie für Abwehrprozesse wie die Produktion von

Harzen. Sie werden dadurch anfälliger für Insekten und Krankheitserreger. Langzeituntersuchungen im Pfynwald (VS) bei Föhren zeigen, dass ein Wassermangel ursächlich für die Probleme dieser Baumart verantwortlich ist (Bose et al. 2022). In inneralpinen Tälern ist die Föhre deshalb aufgrund des Klimawandels unter Druck. Ihre Bestände könnten langfristig durch trockenresistentere Baumarten wie die Flaumeiche ersetzt werden.

Vitalität und Gesundheit der Bestände

Das Landesforstinventar (LFI) erfasst das Wachstum der Schweizer Wälder in regelmässigen Abständen. Vom LFI5 (2018–2026) liegen die Zwischenergebnisse für die Jahre 2018–2022 vor (Abegg et al. 2023). Zusätzliche Faktoren im Bezug auf die Gesundheit und die Vitalität der Bestände sind mit einer Befragung der Forstdienste erhoben worden. Diese wurden nach den Ursachen für das Absterben der Bäume gefragt. Ihrer Einschätzung nach sind für die Mortalität der Bäume, die im LFI4 (2009–2017) noch lebten, hauptsächlich Insektenbefall, Windwurf, Trockenheit und Schadorganismen wie Pilze, Viren oder Bakterien verantwortlich. Der Auslöser für Insektenschäden, vor allem durch den Borkenkäfer, sind oft ausgeprägte Dürreperioden. Insbesondere im Jura hatte die Trockenheit einen grossen Einfluss. Je nach Region und Baumart ist die Mortalität unterschiedlich ausgeprägt, wodurch sich bereits Änderungen in der Artenzusammensetzung abzeichnen. Dieser Befund wird durch die Resultate des LFI5 zu den Zwangsnutzungen bestätigt.

Landesweit waren die Waldflächen, die von Insektenbefall und Krankheitserregern betroffen waren, und die Waldflächen, die von Windwurf und Trockenheit betroffen waren, ähnlich gross. Verglichen mit den Erhebungen des LFI2 (1993–1995) hat die Anzahl der geschädigten Bäume erst in der jüngsten Beobachtungsperiode zugenommen (Abb. 2.5.1) – ein Befund, der mit jenem der Erhebungen zum Zustand der Baumkronen übereinstimmt (Kap. 2.3). Diese Beobachtungen weisen auf eine starke klimabedingte Belastung der Wälder hin.

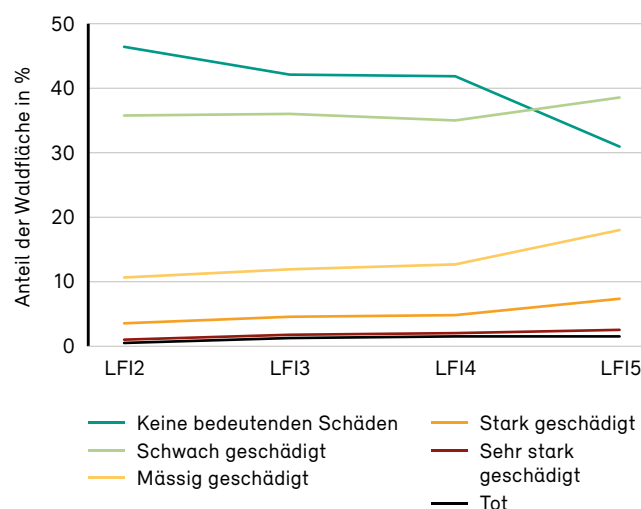
Grundlagen für eine klimaangepasste Baumartenwahl

Im Forschungsprogramm «Wald und Klimawandel» sind die Grundlagen für eine dem Klimawandel angepasste Baumartenwahl erarbeitet worden. Für die Auswahl der Baumarten sind die Berechnung der Vegetationshöhenstufen

bei einem künftigen Klima (Zischg et al. 2021) sowie die Eignung der Standorte entsprechend den Ökogrammen entscheidend (Braun et al. 2023c). Diese Grundlagen für standortangepasste Baumartenempfehlungen sind 2018 publiziert (Frehner et al. 2018) und in der Tree App (www.tree-app.ch) umgesetzt worden: Laubmischwälder sollten mit geeigneten Massnahmen gefördert und die genetische Vielfalt der Wälder erhöht werden (Kap. 4.6). Einheimische Baumarten sind zu bevorzugen. Nur ausnahmsweise sollten eingeführte Baumarten gewählt werden. In einem Umsetzungsprojekt des Forschungsprogramms werden zudem Testpflanzungen mit verschiedenen Baumarten und Herkunftten angelegt (Frei et al. 2018). Die Testpflanzen stammen aus einheimischen Beständen oder aus Beständen in wärmeren und trockeneren Regionen ausserhalb der Schweiz. Die über 50 auf die ganze Schweiz verteilten Testpflanzungen werden über die nächsten Jahrzehnte wertvolle Informationen liefern.

Abbildung 2.5.1

Entwicklung des Schädigungsgrads in Beständen des Schweizer Waldes vom LFI2 (1993–1995), LFI3 (2004–2006), LFI4 (2009–2017) bis zum LFI5 (2018–2022). Der Schädigungsgrad basiert auf der Beurteilung der Schäden an einzelnen Bäumen, hochgerechnet für den jeweiligen Bestand. Der Standardfehler für alle angegebenen Werte ist kleiner als 1 %.



Quelle: LFI (Abegg et al. 2023)

3 Nutzung

Das geerntete Holz wird auf einem Lagerplatz an der Waldstrasse nach Baumarten sortiert und zwischengelagert.

Foto: Getty, Pink Badger







3 Nutzung

Janine Schweier, Alfred W. Kammerhofer

Holz ist für den Menschen der bedeutendste Rohstoff des Waldes. Darüber hinaus liefert der Wald weitere Produkte und Leistungen, deren nachhaltige Nutzung angesichts des Klimawandels sorgfältig geplant werden muss. Seit 2015 werden jährlich rund 5 Millionen Kubikmeter Holz geerntet und verkauft, davon rund 66 % Nadelholz und 34 % Laubholz. Der Nettozuwachs, der, vereinfacht gesagt, das Wachstum der lebenden Bäume darstellt, ist aufgrund einer steigenden Mortalität vor allem bei Fichte und Buche erstmals regional rückläufig. Der Anteil der Zwangsnutzungen hat vor allem in tieferen Lagen stark zugenommen. Aufgrund häufigerer Trockenperioden wegen des Klimawandels ist auch in Zukunft mit einem steigenden Anteil von Nadelholz an der Holzernte zu rechnen. Ausser der Holzproduktion erbringt der Wald eine Vielzahl weiterer Versorgungs-, Regulierungs- und kulturellen Leistungen. Ihre Bereitstellung verursacht Kosten, die bisher nur zum Teil gedeckt wurden. Zu den Waldleistungen zählen Nichtholz-Waldprodukte wie Waldpilze, Wildbret, Waldhonig und Weihnachtsbäume. Sie gewinnen an Bedeutung und können immer besser in Wert gesetzt werden. Angesichts des Klimawandels und der steigenden Ansprüche der Gesellschaft an den Wald nimmt die Komplexität der Waldplanung zu. Sie erfordert fundierte Datenerhebungen und Planungsinstrumente, die geeignet sind, um alle Aspekte der Waldnutzung zu berücksichtigen.

3.1 Holznutzung und Zuwachs

Marjo Kunnala, Christian Temperli

- Sowohl der Brutto- als auch der Nettozuwachs sind regional rückläufig.
- Die Mortalität ist stark gestiegen und beträgt 25 % des Bruttozuwachses. Ebenfalls haben ungeplante Zwangsnutzungen nach Störungen stark zugenommen.
- Entwicklungen wie erhöhte Mortalität und verringerter Zuwachs werden, mit regionalen Unterschieden, voraussichtlich anhalten. Die Waldbewirtschaftung wird somit vermehrt durch die Störungsbewältigung mitbeeinflusst werden.

Zuwachs, Nutzung und Mortalität

Zuwachs, Nutzung und Mortalität sind wichtige forstliche Kenngrößen für die Beurteilung der Produktivität der Wälder und der Nachhaltigkeit des Ressourcenverbrauchs (Kap. 1.2). Gemäss Terminologie des Landesforstinventars (LFI) umfasst der Bruttozuwachs die Volumenzunahme der lebenden Bäume, das Volumen der über die Kluppschwelle (12 cm) eingewachsenen Bäume und die modellierte Volumenzunahme der genutzten und der natürlich abgestorbenen Bäume, die nicht forstlich genutzt werden (Mortalität). Der Nettozuwachs ist der Bruttozuwachs abzüglich des Volumens der natürlichen Mortalität. Demgegenüber steht die Nutzung, die gemäss LFI das Schaftvolumen einschliesslich Stock und Rinde aller gefällten und entfernten Bäume umfasst, unabhängig davon, ob das Holz auf dem Markt verkauft oder privat verwendet wird. Das Schaftvolumen wird vollständig zur Nutzung gezählt, auch wenn Teile des Schafts im Wald liegen bleiben. Nutzung und Mortalität zusammen werden auch als Abgänge bezeichnet.

Landesweit betrug der Bruttozuwachs in der Periode vom LFI4 (2009–2017) bis zum LFI5 (2018–2022) 10,6 Millionen Kubikmeter pro Jahr (Mio. m³/Jahr). Er lag damit um 2,2 % tiefer als zwischen dem LFI3 (2004–2006) und dem LFI4, als sich der Bruttozuwachs auf 10,8 Mio. m³/Jahr belief. Vor allem im Jura (– 9,0 %) und im Mittelland (– 7,3 %) hat der Bruttozuwachs deutlich abgenommen (Abegg et al. 2023).

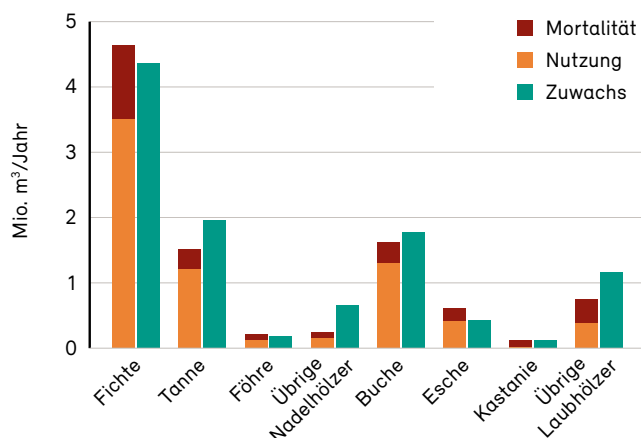
Die letzte Dekade war geprägt von einer Zunahme der Mortalität. Sie stieg von 1,7 Mio. m³/Jahr auf 2,6 Mio. m³/Jahr und machte zuletzt bereits 24,7 % des Bruttozuwachses

aus. Dementsprechend ist der Nettozuwachs landesweit um 12,8 %, von 9,1 Mio. m³/Jahr auf 8,0 Mio. m³/Jahr, gesunken. Im Jura hat sich die Mortalität mit + 129,6 % mehr als verdoppelt. Deshalb hat der Nettozuwachs hier am meisten abgenommen (– 28,1 %). Auch in den Alpen wurde eine Zunahme der Mortalität gemessen: + 25,6 %.

Die Nutzung hat dagegen schweizweit leicht abgenommen und belief sich zuletzt auf 7,1 Mio. m³/Jahr. Das Verhältnis von Nutzung und Mortalität zum Bruttozuwachs gilt als Indikator für die Entwicklung des Holzvorrates. Beträgt der Wert von Nutzung plus Mortalität mehr als 100 % des Bruttozuwachses, nimmt der Holzvorrat ab. Bei der Esche mit 148,0 % haben Nutzung und Mortalität den Bruttozuwachs in der letzten Dekade deutlich überstiegen (Abb. 3.1.1). Grund dafür ist die stark gestiegene Mortalität der Esche durch das Eschentriebsterben (Kap. 2.4). Auch die Fichte (106,4 %), die Föhre (113,2 %) und die vor allem auf der Alpensüdseite verbreitete Edelkastanie (102,0 %) sind davon betroffen, wobei die Verhältnisse dieser Baumarten vorsichtig interpretiert werden müssen, da sich der Unsicherheitsbereich (Standardfehler) von Nutzung und Mortalität und jener des Zuwachses überschneiden. Bei der

Abbildung 3.1.1

Verhältnis von Nutzung und Mortalität zum Bruttozuwachs (Zuwachs) in der Inventurperiode vom LFI4 (2009–2013) bis zum LFI5 (2018–2022), nach Hauptbaumart.



Quelle: LFI (Abegg et al. 2023)

Buche ist das Verhältnis 91,3 % und damit praktisch gleich dem landesweiten Verhältnis über alle Baumarten (91,4 %), dies trotz der starken Zunahme der Mortalität im Jura. Bei der Tanne kommen Nutzung und Mortalität auf 77,1 % des Bruttozuwachses.

Diese je nach Produktionsregion unterschiedlichen Entwicklungen bei Bruttozuwachs, Nutzung und Mortalität hängen von vielen Faktoren ab, z. B. von Störungen wie dem Wintersturm Burglind im Januar 2018 oder von lokal extremen Trockenperioden wie 2018 und 2022 (Hermann et al. 2023). Auch Insekten- und Pilzbefälle haben dem Wald stark zugesetzt (Kap. 2.4, Kap. 2.5).

Zwangsnutzungen

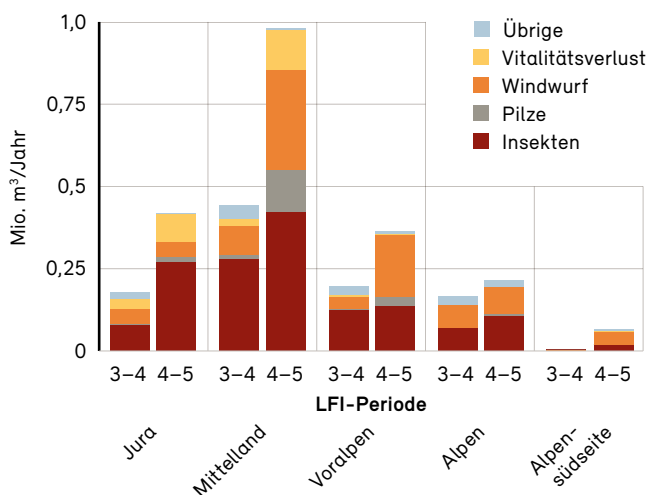
Der Anteil der Zwangsnutzungen, also der Nutzungen, die ungeplant aufgrund von Störungen erfolgen müssen, ist gestiegen. Zwangsnutzungen sind bei der Aufarbeitung im Wald zeitaufwendig und verursachen mehr Kosten bzw. weniger Erlöse für die Waldeigentümerinnen und -eigentümer. In der Periode LFI3–LFI4 wurden durchschnittlich 1,1 Mio. m³/Jahr als Zwangsnutzung deklariert, was 13,9 % der gesamten Nutzung entsprach. In der Periode LFI4–LFI5 hat sich die Menge des zwangsgenutzten Holzes auf 2,0 Mio. m³/Jahr fast verdoppelt und machte zuletzt mit 29,0 % knapp einen Drittel der Nutzung aus. Im Mittelland und auf der Alpensüdseite war der Anteil der Zwangsnutzungen mit je ca. 35 % am höchsten, in den Alpen mit 21,5 % am niedrigsten. Die häufigsten Ursachen landesweit waren Insektenbefall (46,6 %) und Windwurf (31,7 %), gefolgt von Vitalitätsverlust durch Trockenheit und Dürre (9,3 %) und Pilzbefall (8,9 %) (Abb. 3.1.2).

Nachhaltige Waldbewirtschaftung

Das Verhältnis der Nutzung zum Nettozuwachs (ohne Mortalität) ist ein Indikator für die nachhaltige Nutzung der Ressource Holz. Längerfristig sollte dieses Verhältnis im Gleichgewicht sein. Die regionalen Zunahmen der Zwangsnutzungen und die Rückgänge im Nettozuwachs haben dazu geführt, dass sich die Nutzung, im Verhältnis zum Nettozuwachs, von der vorletzten (LFI3–LFI4) zur letzten Dekade (LFI4–LFI5) von 83,6 % leicht auf 88,6 % erhöht hat, wobei sich die Unsicherheitsbereiche überschneiden. Die Nutzung überstieg den Nettozuwachs im Jura (124,2 %) und im Mittelland (116,6 %). Dies bedeutet in diesen Regionen eine Abnahme des Holzvorrats (Kap. 1.2).

Abbildung 3.1.2

Zwangsnutzungen in den Erhebungen LFI3–LFI4 (2004–2006 bis 2009–2017) und LFI4–LFI5 (2009–2013 bis 2018–2022), nach Produktionsregion und Hauptursache.



Quelle: LFI (Abegg et al. 2023)

Die Nutzung ist aber nur ein Faktor für die Beurteilung der Nachhaltigkeit. Auch weitere Waldleistungen, wie Schutz vor Naturgefahren, Filterung von Regenwasser für die Trinkwasserverwendung, Biodiversität und Lebensraum für Pflanzen und Tiere sowie Erholungsort für Menschen, müssen miteinbezogen werden. Um das Erbringen dieser Leistungen zu gewährleisten, sind geeignete waldbauliche Massnahmen erforderlich. Je nach Zielsetzung können diese den Holzvorrat reduzieren und trotzdem die Nachhaltigkeit im Wald insgesamt erhöhen, z. B. wenn ein Waldbestand an den Klimawandel angepasst wird.

In gewissen Regionen war die letzte Dekade von erhöhter Mortalität und mehr Zwangsnutzungen geprägt. Deshalb sollte die Waldentwicklung weiterhin durch gezielte waldbauliche Massnahmen gelenkt werden, um die von der Bevölkerung nachgefragten Waldleistungen sicherzustellen. In klimasensitiven Beständen, die in Zukunft mit hoher Wahrscheinlichkeit durch den Klimawandel gefährdet sein werden, kann sie mit Anpassungsmassnahmen wie der Erhöhung der Baumarten- oder Strukturvielfalt, der Verkürzung der Umtriebszeit, der Verjüngungspflege oder – wenn nicht anders möglich – auch durch Pflanzungen klimaverträglicher Baumarten gesteuert und beschleunigt werden (Pluess et al. 2016).

3.2 Rundholz

Matthias Biolley

- Im Schweizer Wald werden jährlich rund 5 Millionen Kubikmeter Holz (Rohholz) geerntet und an der Waldstrasse bereitgestellt.
- Durch die gestiegene Nachfrage hat der Anteil von Nadelholz für eine energetische Verwendung deutlich zugenommen.
- Aufgrund des Klimawandels ist ein weiterer Anstieg der Holzernte zu erwarten. Die Häufung von Trockenperioden wird zu einem weiterhin steigenden Anteil von Nadelholz an der Gesamtnutzung führen.

Holzernte und Verwendung des Holzes

Im vorliegenden Kapitel wird über die Holzernte gemäss der Schweizerischen Forststatistik berichtet. Die Daten basieren auf einer Vollerhebung bei allen Forstbetrieben und Kleinwaldbesitzenden. Dabei werden die Nutzung des Holzes nach Sortimenten und Holzarten, die geerntet und an der Waldstrasse bereitgestellt werden, die Pflanzungen sowie die Finanzdaten der Betriebe (ohne Kleinwaldbesitzende) erhoben. Die Daten können nicht direkt mit den Stichprobenerhebungen des LFI verglichen werden (Kap. 3.1), da die beiden Instrumente teilweise Unterschiedliches messen und deshalb unterschiedliche Aussagen zulassen (BAFU 2022c).

Zwischen 2013 und 2021 wurden im Schweizer Wald jährlich durchschnittlich 4,8 Millionen Kubikmeter Rundholz geerntet und vermarktet (BFS 2022a). Davon waren 66 % Nadelholz und 34 % Laubholz. 73 % der Laubholzernte wurden für energetische Zwecke genutzt, 14 % wurden in Sägewerken verarbeitet und 13 % als Industrieholz genutzt, z. B. zur Herstellung von Spanplatten. Vom Nadelholz wurden 68 % Stammholz in Sägewerken verarbeitet, 22 % energetisch genutzt, und nur 10 % wurden als Industrieholz verwertet (BAFU 2022c, BFS 2022a).

Jährliche Schwankungen bei der Holzernte

Die höchste Holzernte in der letzten Dekade wurde mit 5,2 Millionen Kubikmeter im Jahr 2018 verzeichnet (BFS 2022a). Grund dafür war ein überdurchschnittlicher Borkenkäferbefall infolge der Winterstürme zu Beginn des Jahres, gepaart mit einer hohen Sommertrockenheit sowie einer gestiegenen Marktnachfrage. Die niedrigste Ernte wurde im Jahr 2016 mit 4,45 Millionen Kubikmeter verzeichnet (BFS 2022a). In diesem Jahr waren die Holzpreise und die Marktnachfrage niedriger. Zudem fielen nur wenige Zwangsnutzungen an.

Der Nadelholzanteil an der gesamten Holzernte ist 2018 stark gestiegen und seither hoch geblieben (BFS 2022a; Abb. 3.2.1). Der Anstieg widerspiegelt die Zunahme der Schadholzernte, vor allem von Nadelholz, denn die Fichte als die häufigste Nadelholzart ist besonders in tieferen Lagen anfällig für Windwürfe und Trockenheitsperioden.

Der Anteil von Energieholz an der gesamten Holzernte ist kontinuierlich gestiegen. Die Zunahme ist wiederum beim Nadelholz besonders ausgeprägt. 2013 wurden 18 % der Nadelholzernte energetisch genutzt (BFS 2022a). 2021 erreichte dieser Wert bereits 24 %. Der wichtigste Grund dafür ist die gestiegene Nachfrage nach erneuerbarer Energie und der damit verbundene Ausbau von Holzenergieanlagen, der wiederum zu einer gesteigerten Nachfrage nach Energieholz führt.

Entwicklungen in der Holznutzung

In Zukunft werden extreme Wetterereignisse häufiger auftreten. Deshalb ist zu erwarten, dass die Zwangsnutzungen auch in der nächsten Dekade hoch bleiben oder sogar zunehmen werden. Dadurch wird mehr Holz für die weitere Verarbeitung und Verwendung anfallen. Auch im

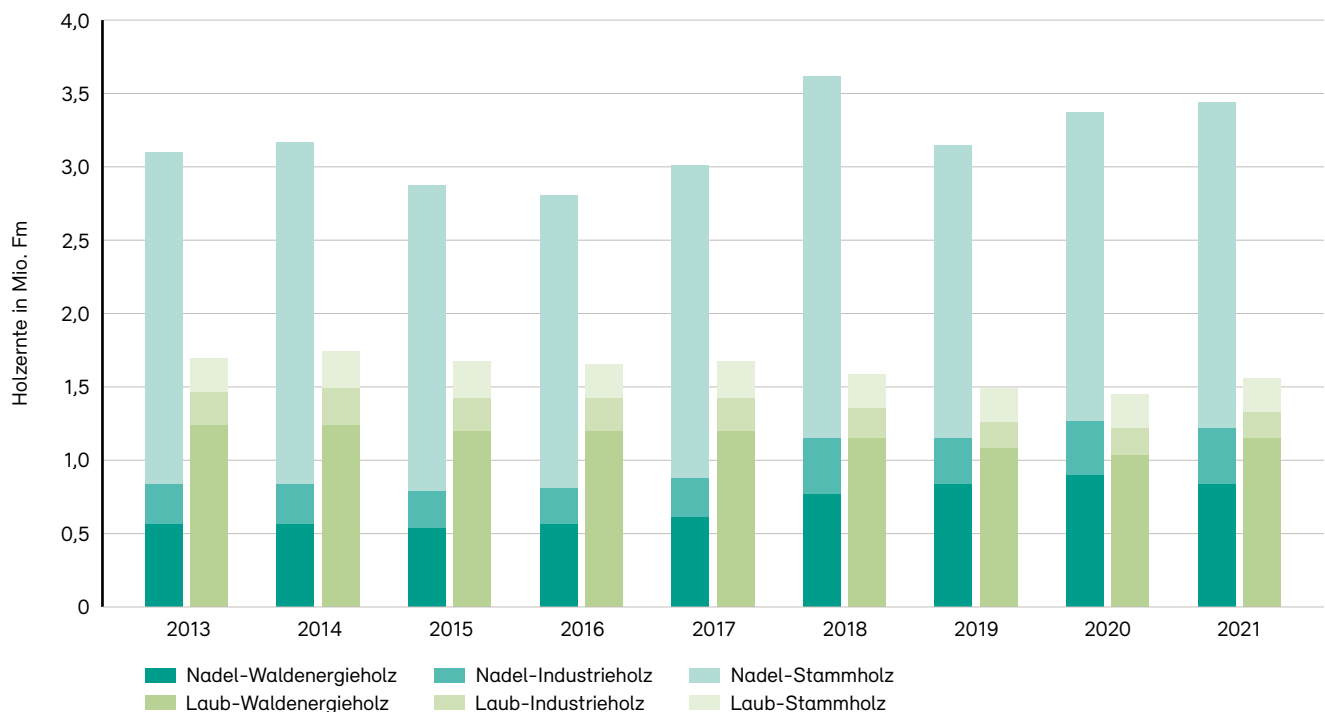
Waldbau ist ein Anstieg der Holzernte zu erwarten, denn die Strategien zur Anpassung der Wälder an den Klimawandel setzen voraus, dass eine fortgesetzte oder sogar steigende Holzernte mehr Platz für junge Bäume schafft (Brang et al. 2016). Der Trend zu einer höheren Nadelholzernte wird anhalten, weil die meisten klimasensitiven Baumarten, darunter vor allem die Fichte, Nadelhölzer sind.

Auch aus politischer Sicht ist eine Zunahme der Holznutzung erwünscht (BAFU 2021b, BAFU 2021c). Sie wird indirekt gefördert, z. B. über Anreize für die Holzverwendung, durch den Abbau regulativer Hemmnisse und über die Mitfinanzierung von Seilkranlagen und der Anpassung oder Wiederinstandstellung von Waldstrassen (jedoch kein Neubau, ausser in Schutzwäldern). Die grössere Nutzung

ist Teil der Strategie für die Anpassung an den Klimawandel und trägt damit dazu bei, die Waldfunktionen sicherzustellen. Dies bedingt jedoch eine gute Abstimmung mit anderen Instrumenten der Anpassungsstrategie wie der Biodiversitätsförderung. Schliesslich trägt die Holznutzung auch dazu bei, die Emissionsziele der Klimapolitik zu erreichen. Politische Entscheide beeinflussen also, wie und wofür Holz künftig genutzt wird. Angesichts der in vielen Kantonen geplanten Energieholzprojekte könnte z. B. Holz, das bisher im Hausbau oder in der Möbelherstellung verwendet wurde, in Zukunft verheizt werden. Dies würde jedoch dem Kaskadenprinzip der nationalen Wald- und Holzstrategie widersprechen, wonach Holz zunächst höherwertig stofflich genutzt werden sollte, bevor es energetisch genutzt wird (Kap. 6.7).

Abbildung 3.2.1

Holzernte nach Sortimenten und Holzarten von 2013 bis 2021.



Quelle: BFS 2022a

3.3 Nichtholz-Waldprodukte

Jean-Laurent Pfund

- Nichtholz-Waldprodukte haben einen hohen ökonomischen und sozialen Wert für die Bevölkerung. Die Beliebtheit des Pilzsammelns nimmt stetig zu.
- Die Produktion von Honig und Kastanien leidet unter der Einschleppung von Krankheitserregern, welche die Bienen bzw. die Kastanienbäume schädigen.
- Ausser für die Jagd sind nur wenige quantitative Daten verfügbar. Diese wären jedoch wichtig, um Nichtholz-Waldprodukte in die Waldplanung einzubeziehen und die nachhaltige Nutzung und eine bessere Wertschöpfung von Produkten wie Pilzen, Kastanien oder Waldhonig zu gewährleisten.

Bedeutung und Besonderheiten von Nichtholz-Waldprodukten

Die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) definiert Nichtholz-Waldprodukte (NHWP) als «Güter biologischen Ursprungs ausser Holz, die aus Wäldern, anderen bewaldeten Gebieten oder von Bäumen ausserhalb von Wäldern stammen» (FAO 1999). In der Schweiz zählen Wild, Waldpilze, Waldhonig, Weihnachtsbäume und Kastanien zu den bedeutendsten NHWP. Ihr sozialer und wirtschaftlicher Wert wird allgemein unterschätzt. Tatsächlich nutzen oder handeln weltweit mehr als 1,5 Milliarden Menschen mit solchen Waldprodukten (Shanley et al. 2016). In Europa erntet fast jeder vierte Haushalt NHWP (Wolfslehner et al. 2019).

Die Ökonomie der NHWP ist sehr komplex. Sie umfassen sowohl bezüglich ihrer Herkunft (Pflanzen- und Tierarten) als auch ihrer Art (Fleisch, Früchte, Fasern, Saft, Wurzeln) völlig verschiedene Produkte. Die geernteten Mengen, die zeitliche Verfügbarkeit und auch die Verarbeitung und Vermarktung variieren von Produkt zu Produkt. Zudem haben Waldeigentümerinnen und -eigentümer je nach Produkt unterschiedliche Verfügungsrechte. Um das Markt- und Entwicklungspotenzial zu bewerten, wurden die NHWP in einer Übersichtspublikation des Europäischen Forstinstituts gemäss dem persönlichen Engagement klassifiziert, das die Konsumentinnen und Konsumenten dieser NHWP investieren – von selbst gesammelten Pilzen oder Beeren bis zu industriell hergestellten Produkten wie

Kork, die im Supermarkt praktisch ohne persönlichen Input der Konsumierenden verkauft werden (Tab. 3.3.1; Wong und Wiersum 2019).

In der Bevölkerungsumfrage Waldmonitoring soziokulturell (WaMos) gab mehr als jede sechste Person an, NHWP zu sammeln (BAFU 2022d; Kap. 6.9). Doch die Details der Sammelaktivitäten wie Ernteorte, Mengen und Methoden sind wenig erforscht. Während die Prozesse im Bereich der Jagd klar geregelt sind, steht der Zugang zu den Wäldern und das Sammeln von Früchten und Beeren für den persönlichen Bedarf per Gesetz allen offen. Bei manchen Produkten wie den Pilzen unterstützen Vereine oder Interessengemeinschaften die Bewirtschaftung von NHWP.

Ökonomischer Wert und Nutzung

Gemäss Schätzungen beläuft sich der jährliche Gesamtwert von NHWP in der Schweiz auf rund 80 bis 90 Millionen Franken (Schmid 2015). Verlässliche Daten sind einzig für Wild in der Jagdstatistik verfügbar (BAFU 2023a). Von 2012 bis 2021 wurden jährlich knapp über 40 000 Rehe erlegt, während die Anzahl der erlegten Hirsche auf 13 000 Tiere anstieg. Die Bejagung von Füchsen und Gämsen war dagegen rückläufig. Die Wildschweinjagd variiert zyklisch von Jahr zu Jahr zwischen 8000 und 12 000 erlegten Tieren. Der Erlös aus dem Verkauf des Wildbrets (Fleisch von Wildtieren) von rund 70 000 Rehen, Gämsen, Hirschen und Wildschweinen beläuft sich auf rund 20 Millionen Franken pro Jahr (JagdSchweiz 2017).

Das Sammeln von Pilzen erfreut sich wachsender Beliebtheit. Schätzungen für das Jahr 2010 gingen von fast 250 Tonnen gesammelten Steinpilzen, Pfifferlingen und Morcheln aus (Limacher und Walker 2012).

Die Honigproduktion variiert jährlich je nach Winterverlusten aufgrund der verminderten Aktivität der Honigbienen in der kalten Saison. Von 2005 bis 2015 lag sie in einer Bandbreite von rund 2000 bis 4000 Tonnen pro Jahr (Charrière et al. 2018). Jährlich werden gemäss Schätzungen auch rund 260 Tonnen Esskastanien im Wert von 0,5 Millionen Franken geerntet (Limacher und Walker 2012).

Tabelle 3.3.1

Beispiele von Nichtholz-Waldprodukten (NHWP), klassifiziert nach persönlichem Engagement, das Konsumierende in der Wertschöpfungskette der entsprechenden NHWP beitragen (grün = hohes Engagement; blau = mittleres Engagement; grau = kein Engagement).

Engagement	Beispiele	Art der Produkte und Verwendung	Merkmale
Hohes Engagement	Beeren und Pilze für den Eigenbedarf	Eigenkonsum	Eigenhändiges Sammeln und Verwendung der NHWP zu Hause
	Konfitüre aus Wildbeeren	Geschenk	Eigenhändiges Sammeln und Verarbeitung der NHWP zur kostenlosen Weitergabe an Verwandte und Bekannte
Mittleres Engagement	Freizeitkurse im Wald oder mit NHWP (z. B. Flechten von Weiden, Erkennen von Tierspuren)	Erlebnisorientierte Produkte	Kauf und Inanspruchnahme von Dienstleistungen und Freizeitangeboten auf der Basis von NHWP
	Traditionell hergestellte und lokal vertriebene Delikatessen aus NHWP (z. B. traditionelle Pilzpasteten, Liköre, Waldhonig)	An die Ursprungsregion gebundene Produkte	Spezialitäten, die nur auf lokalen Märkten der Ursprungsregion erhältlich sind, mit lokaler oder überlokaler Vermarktung
Kein Engagement	Birkensaft für therapeutische Zwecke, Wildschweinborsten für Naturborstenbürsten	Nischenprodukte	Produkte, die auf ein spezialisiertes Marktsegment abzielen, jedoch auf unspezifischen Kanälen (Internet) ohne lokalen Bezug vermarktet und vertrieben werden
	Kork für Korkfabriken	Massenmarkt / industrielle Rohstoffe	Grosshandel mit Rohprodukten für gewerbliche Zwecke

Quelle: Wong und Wiersum 2019

Dieselbe Studie geht davon aus, dass in der Schweiz fast 1,2 Millionen Weihnachtsbäume pro Jahr verwendet werden. Rund 10 % davon, im Gegenwert von 3,6 Millionen Franken, werden in Schweizer Wäldern geerntet. Der Wert der importierten Weihnachtsbäume und Tannenzweige belief sich 2018 auf rund 7,7 Millionen Franken, wobei sich in den vergangenen Jahren ein leicht rückläufiger Verbrauch pro Haushalt abzeichnete (Lehmann 2019).

Ökologische Bedrohungen

Die Artenvielfalt bei den Pilzen ist mit 10 000 Arten in der Schweiz hoch (Kap. 4.1). Das Sammeln der Pilze scheint diese Vielfalt jedoch nicht negativ zu beeinflussen (Egli et al. 2006). Doch auf Verschmutzung und Verdichtung des Bodens sowie auf den Rückgang und die Fragmentierung ihres Lebensraumes reagieren auch Pilze empfindlich (Senn-Irllet et al. 2007). Honigbienen und Kastanien sind von nicht einheimischen Krankheitserregern bedroht. So bereitet die aus Asien eingeschleppte *Varroa-destructor*-Milbe der Imkerei ernsthafte Probleme. Auch die Gefahr durch Pestizidrückstände bedroht die Honigwirtschaft. Ebenfalls aus Asien stammt die Kastaniengallwespe, die sich seit 2009 negativ auf die Produktion von Esskastanien auswirkt.

Perspektiven für eine nachhaltige Nutzung

Am Beispiel der Pilze zeigt sich das Potenzial der NHWP für künftige Entwicklungen, z. B. hin zu einer intensiveren Produktion oder gar einer Domestizierung von Waldprodukten. Im Piemont werden bereits waldbauliche Eingriffe erprobt, die das Wachstum von Pilzen begünstigen sollen (Tagliferro et al. 2013). In der Schweiz haben die Waldeigentümerinnen und -eigentümer allerdings kein Verfügungsrecht über die Waldpilze, die in ihren Wäldern wachsen. Sie können die Öffentlichkeit nicht von der Nutzung ausschliessen, selbst wenn sie Investitionen tätigen, um die Pilzvorkommen zu fördern. Ein nächster Schritt könnte deshalb die nicht forstliche Produktion von NHWP sein. So wurden in der Schweiz im Jahr 2021 von Januar bis Oktober fast 7000 Tonnen Champignons produziert, rund 13 % mehr als in derselben Periode der Jahre 2017 bis 2020 (Kuhlgatz und Bolliger 2021).

Den NHWP und ihrer Bewirtschaftung muss bei der Waldplanung mehr Beachtung geschenkt werden, weil sie ein Teil des Waldökosystems und der Waldfunktionen sind. Um die Nachhaltigkeit bei der Nutzung zu gewährleisten, müssen noch mehr Daten über die NHWP der Schweizer Wälder erhoben werden.

3.4 Waldleistungen

Oliver Wolf, Christian Temperli

- Der Wald erbringt eine Vielzahl von Leistungen, die der Sicherheit und dem Wohlergehen der Bevölkerung dienen. Er erfüllt die Schutz-, Nutz- und Wohlfahrtsfunktionen.
- Die Erbringung von Waldleistungen verursacht Kosten, die bisher nur zum Teil gedeckt waren. Um sie abzugelten, können die Leistungen mithilfe von Indikatoren und expertenbasierten Bewertungssystemen in Wert gesetzt und monetarisiert werden.
- Die Nachfrage nach Waldleistungen wird angesichts des zunehmenden im Wald stattfindenden Freizeitverhaltens weiter steigen. Dabei sind auch Zielkonflikte bei der Bereitstellung verschiedener Waldleistungen zu erwarten.

Bedeutung der Waldleistungen

Der Schweizer Wald erbringt vielfältige Leistungen. So produziert er Biomasse, schützt vor Naturgefahren, entzieht der Atmosphäre Kohlendioxid und bietet einen Erholungsraum. Die Waldleistungen sind also nicht nur für die Wald- und Holzwirtschaft essenziell, sondern auch für die Sicherheit und das Wohlergehen der Bevölkerung. Das Konzept der Waldleistungen, das sich immer noch in Entwicklung befindet, basiert ursprünglich auf ökologischen Funktionen. Darin werden die vielfältigen Leistungen eines Lebensraums unter dem Begriff der Ökosystemleistungen zusammengefasst. Die Waldleistungen tragen dazu bei, dass der Wald seine Funktionen erfüllen kann, die in der Bundesverfassung als Schutz-, Nutz- und Wohlfahrtsfunktion verankert sind (Art. 77 Abs. 1 BV). Die mannigfaltigen Waldleistungen tragen unterschiedlich zu diesen Funktionen bei (Tab. 3.4.1). Das Waldgesetz spezifiziert den Verfassungsauftrag zum Schutz der Waldfunktionen und wird mit der «Integralen Wald- und Holzstrategie 2050» umgesetzt. Sie nimmt die verschiedenen Akteure in die Verantwortung, um den Erhalt und die Verbesserung der Waldleistungen zu gewährleisten.

Sicherstellen der Waldleistungen

Die Waldbiodiversität sowie die Resilienz des Waldes – also die Fähigkeit, sich an Veränderungen anzupassen und seine Funktionen unter Belastungen wie dem Klimawandel

auch in Zukunft zu erfüllen – sind Voraussetzung dafür, dass der Wald seine vielfältigen Leistungen erbringen kann. Dies bedingt eine naturnahe und nachhaltige Waldbewirtschaftung, z. B. mit dem klimaadaptiven Waldbau (Glatthorn et al. 2023). Dabei kann die Waldbewirtschaftung auch einen Nutzungsverzicht beinhalten. Dies bedeutet, dass keine waldbaulichen Eingriffe erfolgen.

Viele Waldleistungen sind öffentliche Güter. Doch die Massnahmen, die sie erst ermöglichen, verursachen den Waldeigentümerinnen und -eigentümern Kosten, die nicht allein durch den Holzerlös gedeckt werden. Zurzeit liegt der Kostendeckungsgrad für Waldleistungen, die über die Holznutzung hinausgehen, bei rund 60 % (Arnold et al. 2020). Erst wenn die Waldleistungen in Wert gesetzt sind, können die für ihre Erbringung nötigen Massnahmen abgegolten oder kann – im Falle knapper finanzieller Ressourcen – bewusst darauf verzichtet werden. Inwertsetzung bedeutet die Monetarisierung und die Finanzierung von Bewirtschaftungsmassnahmen zur Bereitstellung von Waldleistungen.

Quantifizierung und Bewertung

Die Inwertsetzung von Waldleistungen basiert einerseits auf der Quantifizierung und Bewertung der Leistung und andererseits auf der Nachfrage der Bevölkerung und der Wirtschaft. Fehlende Daten, Bewertungsunsicherheiten und offene Fragen bei der Monetarisierung stellen die Berechnung der Waldleistungen derzeit noch vor grosse Herausforderungen. Zur Quantifizierung und Bewertung werden Indikatoren und expertenbasierte Bewertungssysteme herangezogen. Die Indikatoren verbinden messbare Grössen, z. B. die Waldstruktur, mit den entsprechenden Waldleistungen, z. B. der Erholung (Bernasconi et al. 2022). Indikatoren- und Bewertungssysteme dienen in Kombination mit Waldentwicklungsmodellen der Analyse von Bewirtschaftungsszenarien. Sie können auch Zielkonflikte aufzeigen, etwa zwischen Waldleistungen einerseits und Strategien zur Bewältigung des Klimawandels andererseits (Thrippleton et al. 2021). Indem die Waldleistungen erfasst und dokumentiert werden, können sie nachvollziehbar kommuniziert und in politische Entscheidungsprozesse eingebracht werden.

Synergien und Zielkonflikte

Globale Herausforderungen wie der Klimawandel und der Biodiversitätsverlust sowie die Transformation in eine nachhaltige Wirtschaft und Energieversorgung werden die Nachfrage nach Waldleistungen weiter steigern (Ohmura et al. 2023). Waldleistungen wie z. B. die Kohlenstoffsequestrierung und der Erhalt von Altholzinseln können sich gegenseitig begünstigen, während sich andere wie die Holzproduktion und ein allfällig notwendiger Nutzungsverzicht konkurrenzieren (Blatter et al. 2020). Ein weiterer Zielkonflikt droht zwischen Waldleistungen und dem Bestreben, die Störungsanfälligkeit des Waldes

zu verringern. So stehen Massnahmen wie kürzere Umtriebszeiten oder häufigere Eingriffe in einen Waldbestand, welche die Anfälligkeit für Schadereignisse reduzieren, situativ im Widerspruch zu biodiversitätsfördernden Massnahmen wie z. B. dem Stehenlassen von Altholzinseln (Temperli et al. 2020). Um solche Konflikte zu reduzieren, müssen die verschiedenen Faktoren und ihre Wechselwirkungen sorgfältig abgewogen werden. Nur unter Einbezug aller Waldleistungen in die forstliche Planung im Sinne einer integrativen Waldbewirtschaftung können Synergien gefördert und diese Leistungen abgegolten und so langfristig sichergestellt werden.

Tabelle 3.4.1

Waldfunktionen und ihre Waldleistungen (Z = Ökosystemleistungsklassen gemäss der Common International Classification of Ecosystem Services: V = Versorgungsleistungen, R = Regulierungsleistungen, K = kulturelle Leistungen).

Waldfunktionen	Waldleistungen	Z	Kapitel im WB 2025
Nutzfunktion	Produktion von stofflicher Biomasse (Stamm-, Industrieholz)	V	1.2, 3.2, 6.7
	Produktion von energetischer Biomasse (Energieholz)	V	3.2, 6.7
	Produktion von Nischholz-Waldprodukten (z. B. Beeren, Pilze, medizinische Pflanzen oder Wildbret)	V	3.3
Schutzfunktion	Schutz von Menschen und erheblichen Sachwerten vor gravitativen Naturgefahren (Rutschungen, Steinschlag, Lawinen, Geschiebe- und Schwemmhölzeintrag in Gewässer)	R	5.1
Wohlfahrtsfunktion: Erholung und Gesundheit	Raum für Erholung, Entspannung sowie Stimulierung und Wahrnehmung der Sinne	K	6.9
	Raum für Sport und Abenteuer	K	6.9
	Raum und Inspiration für Kultur, Kunst; kulturelles Erbe (z. B. Denkmal, seltene Waldbewirtschaftungsformen)	K	6.10
	Raum und Inspiration für Spiritualität, Religion; Ort für Waldbestattungen	K	6.10
	Regulierung von Klima und Mikroklima; Absorption von Luftschadstoffen (z. B. Staub), Sauerstoffproduktion	R	2.1
	Prägung des Landschaftsbildes und ästhetische Erfahrungen	K	4.7
	Trinkwasserbereitstellung, Wasserfiltrierung	V	5.2
	Reduktion von Belastungen (z. B. Lärm)	R	
Wohlfahrtsfunktion: Lebensraum für Tiere und Pflanzen	Bereitstellen von Naturwerten und Habitatleistungen	R	4.1, 4.9
	Lebensraum für einheimische Arten als Basis für die Schädlingsregulierung und zur Bestäubung	R	4.1, 4.8, 4.9
	Aufrechterhalten von Nährstoffkreisläufen, Regulierung von Lebenszyklen	R	
Wohlfahrtsfunktion: übrige Aufgaben	Hydrologische Regulierung, Wasserspeicherung und -rückhalt	R	5.2
	Kohlenstoffsequestrierung und -speicherung im Wald sowie Kohlenstoffspeicherung im Holz	R	1.4
	Bereitstellen von genetischen Ressourcen (z. B. Samenproduktion, forstliches Vermehrungsgut)	V	4.6
	Bodenbildung und Bodenstabilisierung	R	2.2
	Bereitstellen von Mineralstoffen und anderen abiotischen Produkten	V	2.2
	Biologische Sanierung durch Mikroorganismen; physikalischer Abbau von Schadstoffen	R	
	Gegenstand für Bildung und Forschung sowie für Citizen Science; Erfahrungsraum der Umweltbildung	K	6.11

3.5 Waldplanung, Zertifizierungen und Regulierungen des Handels zum Schutz vor Entwaldung

Roberto Bolgè, Leo G. Bont, Olivier Schneider, Matthias Biolley

- Die Waldplanung in der Schweiz wird aufgrund der zunehmenden Ansprüche an den Wald und der Auswirkungen des Klimawandels immer wichtiger.
- Fortschritte bei der Digitalisierung und Fernerkundung sowie mathematikbasierte Entscheidungssysteme optimieren die Grundlagen für die langfristige Planung einer nachhaltigen, ökonomischen und ökologischen Waldwirtschaft.
- Die weltweite Bedrohung der Wälder durch Rodungen, insbesondere für landwirtschaftliche Produktionsflächen, sowie durch illegale Holzschläge führen in der EU, den USA, Australien, Japan und auch in der Schweiz zu einer Verschärfung der gesetzlichen Regelungen des Handels von Rohstoffen und Produkten in Zusammenhang mit Entwaldung.

Gesetzliche Grundlagen der Waldplanung

Die Zuständigkeiten für die Waldplanung sind im Waldgesetz verankert (Art. 20 Abs. 2 WaG) und werden auf kantonaler Ebene konkretisiert und umgesetzt. Das aktuelle System wurde mit der Totalrevision des Waldgesetzes in den frühen 1990er-Jahren eingeführt. Dieses sieht zwei Planungsebenen vor: die Ebene der Behörden, welche die Waldfunktionen mit Waldentwicklungsplänen (WEP) koordinieren, sowie die Ebene der Waldeigentümerinnen und -eigentümer, die mit den Betriebsplänen die Waldbewirtschaftung gestalten (Bachmann 2005). Dieses zweistufige Konzept hat sich bis heute bewährt. Um die bestehenden Herausforderungen für die Wald- und Holzwirtschaft zu bewältigen, sind zusätzliche Planungsinstrumente eingeführt worden. Insbesondere haben die Kantone gemäss einem Evaluationsbericht zur Optimierung der Waldpolitik neben den WEP eigene Waldstrategien oder Waldleitbilder entwickelt (Lieberherr et al. 2023).

Mittlerweile ist die Koordination der Wald- und Raumplanung in den Vordergrund gerückt. Formell ist sie angesichts der Trennung der Zuständigkeiten im Wald- und Raumplanungsgesetz klar definiert. In der praktischen Anwendung birgt sie jedoch Interessenkonflikte, vor allem in Bezug auf das Ziel der Walderhaltung, das mit jenem der Landnutzung kollidieren kann (Kap. 1.1). Deshalb ist für die Walderhaltung und die ökologische Vernetzung eine gute

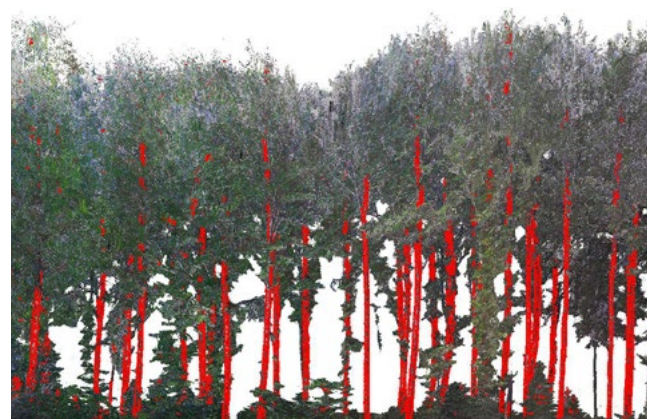
Abstimmung zwischen Wald- und anderen Landnutzungsformen von grosser Bedeutung.

Datenerfassung und Digitalisierung

Fortschritte bei der Datenerfassung und -verarbeitung prägen die moderne Waldplanung. Fernerkundungsdaten und Digitalisierung liefern die für die Planung erforderlichen Informationen über den Zustand und die Entwicklung des Waldes schneller und in besserer Qualität, als dies früher möglich war. In der immer komplexeren Waldplanung, welche eine Vielzahl von Waldleistungen berücksichtigen und die Herausforderungen des Klimawandels miteinbeziehen muss, werden die Qualität und die Auswertung der erhobenen Daten immer wichtiger (Abb. 3.5.1). Ein künftiger Forschungsschwerpunkt liegt deshalb einerseits in der Auswertung der Daten, z. B. mit modernen zweiphasigen Inventuren oder automatisch abgeleiteten Bestandeskarten, andererseits in der Integration und Bewertung von Ökosystemleistungen. Ausgeklügelte Visualisierungen (virtueller Wald) sowie Entscheidungsunterstützungssysteme mit mathematischer Optimierung,

Abbildung 3.5.1

Automatisierte Waldinventur im Ramerenwald bei Birmensdorf (ZH) mit einem stationären terrestrischen Laserscanner Leica BLK360. Die vom Scanner aufgenommenen Datenpunkte der Punktwolke wurden mit der RGB-(Rot-Grün-Blau-)Information der integrierten Kamera eingefärbt. Die automatisch detektierten Baumstämme sind rot hervorgehoben.



Quelle: Daniel Kükenbrink (WSL)

welche die Waldentwicklung unter verschiedenen Klima- und Bewirtschaftungsszenarien modellieren, sollen in Zukunft die langfristige Waldplanung unterstützen.

Zertifikate und Labels

Im Schweizer Wald hat der illegale Holzschlag praktisch keine Bedeutung. Doch in vielen Ländern der Welt ist er ein Problem mit zahlreichen negativen Folgen für Ökosysteme, Gesellschaft und Wirtschaft. Um den Handel mit illegal geschlagenem Holz einzuschränken, wurden auf internationaler und nationaler Ebene etliche Massnahmen ergriffen, darunter die freiwillige Zertifizierung von Wald und Holz. Sie dokumentiert eine umweltgerechte, sozial verträgliche und wirtschaftlich tragbare Waldwirtschaft. Immer mehr umweltbewusste Konsumentinnen und Konsumenten achten auf Holzprodukte, die gelabelt sind. Deshalb setzen auch hierzulande viele Holzprodukte-Anbietende auf die Zertifizierung, um diese Kundschaft für sich zu gewinnen.

In der Schweiz werden zwei Zertifizierungssysteme verwendet: FSC (Forest Stewardship Council) und PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification). Sie basieren auf nationalen Standards und stellen verschiedene Anforderungen an die Waldbewirtschaftung sowie an die Materialflusskontrolle und die betriebliche Organisation. Weltweit trugen im Jahr 2022 192 Millionen Hektaren Waldfläche das FSC-Label und 290 Millionen Hektaren das PEFC-Label. Dies entspricht 5 % bzw. 7 % der weltweiten Waldfläche. In der Schweiz wurden 1998 die ersten Waldflächen FSC-zertifiziert. 2022 waren 26 % der insgesamt 1,31 Millionen Hektaren Wald nach FSC (FSC 2023) und 18 % doppelt nach FSC und PEFC zertifiziert (PEFC 2023). 2013 wurde mit 54 % zertifizierter Fläche der bisher höchste Stand verzeichnet. Seither ist der Anteil der zertifizierten Waldfläche um rund 10 % zurückgegangen. Diese Abnahme lässt sich u. a. damit erklären, dass einzelne Waldbesitzende infolge der Kosten und des fehlenden wirtschaftlichen Mehrwerts der Zertifikate auf eine erneute Zertifizierung verzichteten. In den 24 Kantonen (mit 87 % der Schweizer Waldfläche), die den Anteil der zertifizierten Flächen bekannt geben, sind 65 % der öffentlichen Wälder zertifiziert, aber nur 16 % der Privatwälder.

Die Holzverarbeitenden Betriebe in der Schweiz können sich zudem mit dem Label «Schweizer Holz» zertifizieren

lassen, sofern sie in ihren Produkten mindestens 80 % Schweizer Holz verarbeiten. 100 % der Schweizer Waldfläche ist mit dem Label «Schweizer Holz» zertifiziert.

Gesetzliche Regulierungen des Handels zum Schutz vor Entwaldung

2022 ist die neue Holzhandelsverordnung (HHV; SR 814.021) in Kraft getreten. Sie verbietet, illegal geschlagenes oder gehandeltes Holz in Verkehr zu bringen. Die HHV vollzieht damit die seit 2013 geltende Europäische Holzhandelsregulierung (EUTR, 955/2010) und gilt als gleichwertige Regelung. Beide haben das Ziel, illegales Holz aus dem europäischen Markt auszuschliessen. Sie betreffen vor allem Handeltreibende und Waldeigentümerinnen und -eigentümer. Die Betriebe müssen besondere Sorgfalt walten lassen, wenn sie erstmalig Holz oder Holzprodukte in Verkehr bringen. Sie müssen nachweisen, dass die Risiken, illegales Holz zu vermarkten, auf ein vernachlässigbares Mass reduziert werden können, und sie müssen ein Sorgfaltpflichtsystem aufbauen, das regelmässig aktualisiert wird. Zertifizierungen können einen Teil dieser Sorgfaltpflicht abdecken. Die HHV betrifft sowohl Inlandprodukte als auch Importware.

Bereits seit 2010 gilt in der Schweiz die Deklarationspflicht für Holz und Holzprodukte (SR 944.021). Sie betrifft vor allem Betriebe, die Holzprodukte direkt an die Konsumentinnen und Konsumenten weitergeben. Bei der Holzdeklaration müssen Art und Herkunft von Rohholz, Halbfabrikaten und Fertigprodukten, die aus Massivholz oder zu wesentlichen Anteilen aus Massivholz bestehen, bezeichnet werden. Auch die Deklarationspflicht betrifft sowohl Inlandprodukte als auch Importware.

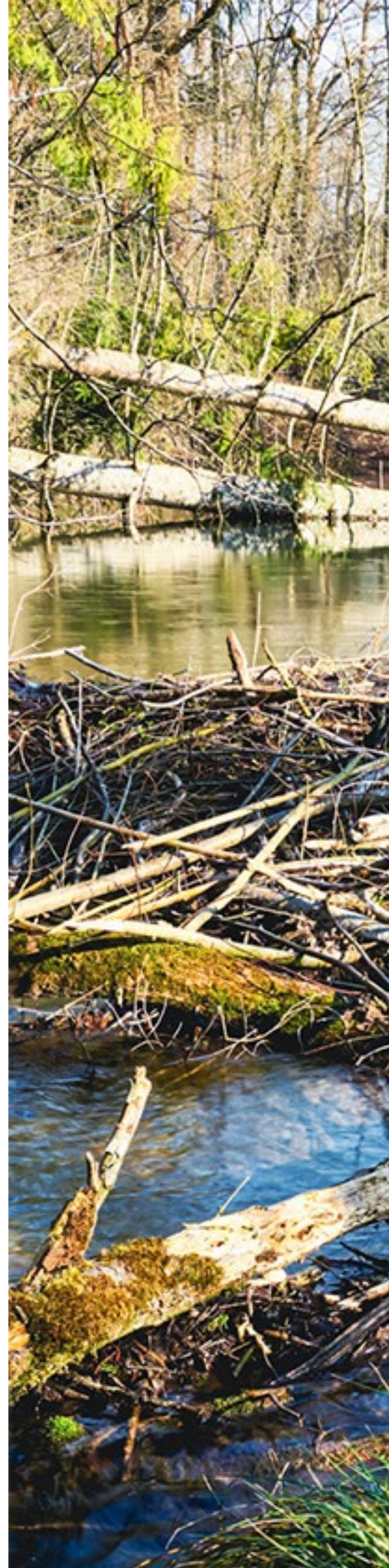
Ab dem Jahr 2025 wird in der EU die European Deforestation Regulation (EUDR 2023/1115; entwaldungsfreie Lieferketten) angewendet. Mit dieser Regulierung werden Rohstoffe und Erzeugnisse, die in Zusammenhang mit der Entwaldung stehen könnten, einer Sorgfaltpflicht unterstellt. Darunter fallen Soja, Palmöl, Rindfleisch, Kaffee, Kakao, Kautschuk sowie Holz, vor allem Produkte aus tropischen Gebieten. Diese Produkte dürfen nur noch mit dem Nachweis, dass sie nicht auf Waldflächen produziert wurden, die nach Dezember 2020 gerodet wurden, in Verkehr gesetzt werden.

4

Biodiversität

Feuchtgebiete sind für die Artenvielfalt besonders wertvolle Waldlebensräume. Je nach Region sind sie jedoch erheblich gefährdet.

Foto: BAFU







4 Biodiversität

Martina Peter, Timothy Thrippleton, Claudio de Sassi

Die Biodiversität im Wald hat sich in der letzten Dekade leicht positiv entwickelt. Sowohl Zustand als auch Entwicklung der Biodiversität sind im Wald generell besser als im Offenland. Die Vielfalt der Schnecken-, Moos- und Baumarten sowie die Bestände der meisten Waldvogelarten haben zugenommen. Die Situation der gefährdeten Waldarten ist stabil bis leicht verbessert. Die Fortschritte sind auf die positive Entwicklung des Gesamtökosystems zurückzuführen. Naturferne Bestände haben abgenommen, Strukturvielfalt und Totholzvolumen haben zugenommen. Die Waldreservate nähern sich dem 10 %-Flächenziel. Allerdings bleiben regionale Unterschiede und Defizite. So weisen im Mittelland 70 % der Bestände einen naturfernen Fichtenanteil auf und sind anfällig für Störungen. 41 % der Waldgesellschaften – und damit der Lebensraum zahlreicher Arten – sind gefährdet. Eine grosse genetische Vielfalt der Bäume wäre ein Potenzial für die Anpassung des Waldes an den Klimawandel und sollte bei waldbaulichen Strategien berücksichtigt werden. Die Chancen und Risiken des Anbaus nicht einheimischer Baumarten und der stärkeren Nutzung von Energieholz müssen im Hinblick auf die Folgen für die Biodiversität sorgfältig abgewogen werden. Die Biodiversität ist die Basis der Resilienz des Waldes und somit für den Erhalt der Waldfunktionen unerlässlich. Der Klimawandel ist eine Herausforderung für den Erhalt der Biodiversität. Die Vernetzung der Wälder in der Landschaft zur Stärkung der Anpassung von Artengemeinschaften an den Klimawandel gewinnt zunehmend an Bedeutung.

4.1 Artenvielfalt

Kurt Bollmann, Silvia Stofer, Meinrad Abegg, Timothy Thrippleton

- Die Artenzusammensetzung im Schweizer Wald verändert sich. Bei der Esche und der Kastanie sind Abnahmen zu verzeichnen, eine Zunahme bei Ahorn und Arve sowie bei der durchschnittlichen Anzahl Moos- und Schneckenarten.
- Rund 40 % der Tier- und Pflanzenarten der Schweiz leben im Wald. Der Anteil der im Wald lebenden Arten ist bei Flechten, Grosspilzen, Fledermäusen und Bockkäfern besonders gross.
- Der Rückgang der Esche wird negative Auswirkungen auf die mit ihr verbundenen Lebensgemeinschaften wie Flechten, Moose und Pilze haben. Ebenso werden Klimawandel, invasive Neophyten sowie atmosphärische Stickstoffeinträge die Artenzusammensetzung im Wald weiter verändern.

Entwicklung der Baumarten im Schweizer Wald

Mit ihrer heterogenen Topografie und den grossen Höhenunterschieden weist die Schweiz eine grosse Vielfalt an Standortbedingungen auf, was sich in einer artenreichen Pflanzenwelt widerspiegelt, so auch im Wald. Gegen 700 Gefässpflanzen gelten als typische Waldarten, darunter 39 einheimische Laub- und 7 Nadelbaumarten (Rudow 2014). Drei Baumarten herrschen in den Schweizer Wäldern vor und stellen zusammen rund zwei Drittel der Bäume: die Fichte (36 %), die Buche (18 %) und die Tanne (11 %). Je nach Höhenlage und Region unterscheidet sich die Baumartenzusammensetzung jedoch wesentlich. So kommt etwa auf der Alpensüdseite die Kastanie mit einem Anteil von 15 % ebenfalls sehr häufig vor.

Die Veränderung in der Zusammensetzung der Waldbestände in der Schweiz hat verschiedene Gründe: die natürliche Sukzession, veränderte Klimabedingungen, Schadorganismen, Störungsereignisse und Waldbewirtschaftung. Während der Ahorn bei der Erhebung der Stammzahl zwischen dem vierten und dem fünften Landesforstinventar (LFI4 2009–2017 bis LFI5 2018–2022) um 1,4 % pro Jahr und die Arve um 1,1 % pro Jahr zugenommen haben, hat die Fichte in dieser Periode um 0,5 % pro Jahr abgenommen (Abb. 4.1.1; Abegg et al. 2023). Weil die Fichte die weitaus häufigste Baumart der Schweiz ist,

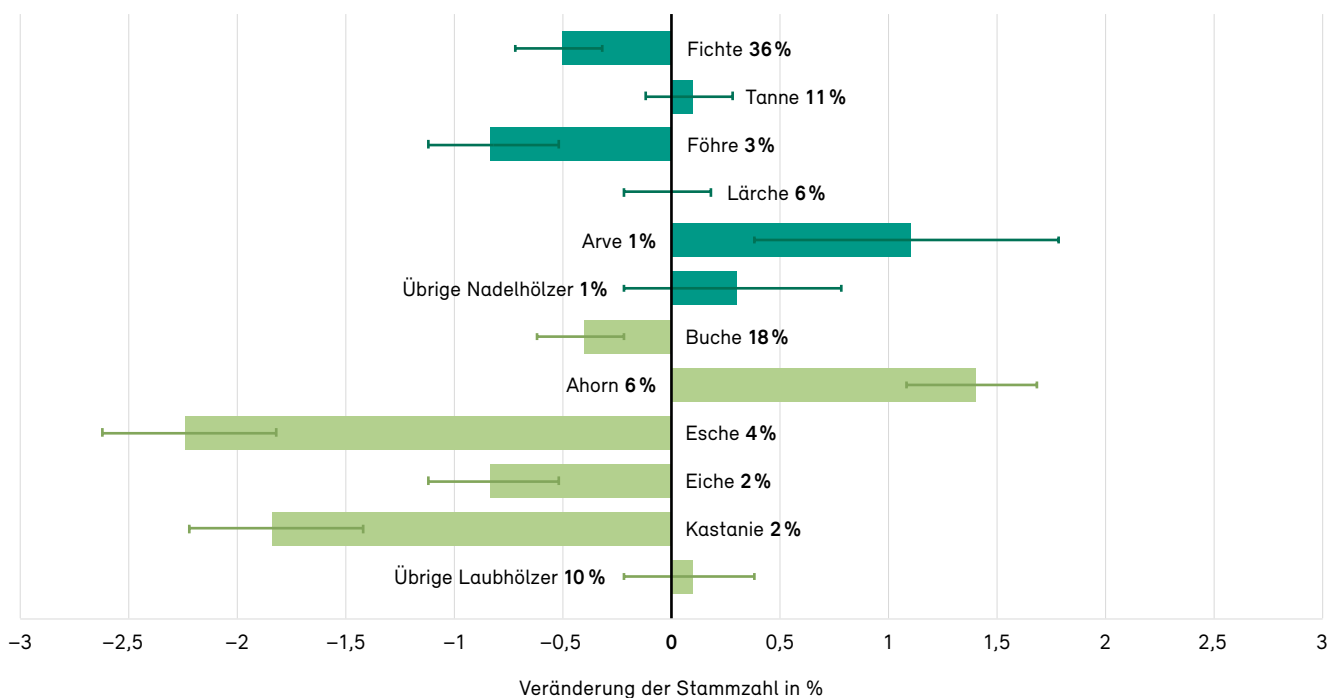
trägt ihre Abnahme am meisten zur Veränderung bei. Die Kastanie verzeichnete den stärksten Rückgang bei der Stammzahl. Trotzdem hat sich ihr Vorrat kaum verändert, weil vor allem dünnere Bäume abgestorben sind, während die Zahl der grossen Bäume stabil geblieben ist und diese an Volumen zulegen konnten. Ein ähnlicher Effekt in geringerem Ausmass zeigte sich bei der Buche und der Eiche, die um 0,4 % bzw. 0,8 % pro Jahr abgenommen haben. Die Waldföhre ging fast überall deutlich zurück, in den Regionen Mittelland West und Alpen Nordost mit je 4 % pro Jahr sogar sehr stark.

Landesweit wurde bei der Esche mit jährlich 2,2 % die grösste Abnahme verzeichnet. Sie litt unter dem Eschentriebsterben, das vom aus Ostasien eingeschleppten parasitischen Pilz *Hymenoscyphus fraxineus* verursacht wird. Eine Ausnahme zeigte sich auf der Alpensüdseite, wo die Esche leicht zugenommen hat.

Der Rückgang der Esche hat Konsequenzen für die Waldwirtschaft und die Artenvielfalt. Denn diese Baumart bietet ein Habitat für viele Schnecken- und Insektenarten, vor allem aber für blütenlose Lebewesen (Kryptogamen) wie Moose, Flechten und Pilze. So können in der Schweiz rund 150 Moosarten, über 450 baumbewohnende Flechtenarten und gegen 850 saprophytische oder parasitierende Pilzarten auf Eschen nachgewiesen werden (Swissbryophytes; SwissLichens; SwissFungi). Die Esche zeichnet sich unter den einheimischen Laubbäumen durch eine pH-neutrale Borke aus. Dies macht sie besonders für baumbewohnende Flechten zu einem bevorzugten Lebensraum. Die Folgen des grossflächigen Verlustes der Esche für die Entwicklung dieser Arten sind noch schwer abzuschätzen. Gesunde oder wenig befallene Eschen sollten erhalten und gefördert werden, um das Weitergeben einer möglicherweise vorhandenen Resistenz gegen den Erreger des Eschentriebsterbens an künftige Baumgenerationen zu gewährleisten (Rigling et al. 2016). Forschungsergebnisse zeigen, dass Eschen, die gegen das Eschentriebsterben resistent sind, auch dem eingeschleppten Eschenprachtkäfer (*Agrilus planipennis*) besser standhalten (Gossner et al. 2023).

Abbildung 4.1.1

Gewinne und Verluste bei der Stammzahl der lebenden Bäume ab 12 cm Brusthöhendurchmesser nach Hauptbaumart zwischen dem LFI4 (2009–2017) und dem LFI5 (2018–2022). Die Prozentangaben bezeichnen die landesweiten Stammzahlanteile.



Quelle: LFI (Abegg et al. 2023)

Baumartenzusammensetzung in den Beständen

Im Hinblick auf den Klimawandel ist, neben einer generell grossen Artenvielfalt, eine vielfältige Mischung der Baumarten vorteilhaft, weil dadurch das Risiko von Stressintoleranz auf mehrere Arten verteilt wird (Brändli und Bollmann 2015). In der Baumschicht hat sich in der letzten Dekade nur wenig verändert. Der Anteil der Bestände mit nur einer Baumart ist auf 17 % der Waldfläche leicht gesunken. Dieser Wert liegt deutlich unter dem europäischen Mittel von 33 % (Forest Europe 2020). Bei den Gehölzarten ab 40 cm Höhe hat sich der positive Trend der Vorperiode fortgesetzt. Die Artenzahl hat sich auf durchschnittlich 6,7 Arten pro 200 Quadratmeter erhöht. Dieselbe Entwicklung lässt sich an den Waldrändern beobachten. Als Übergangszone zwischen unterschiedlichen Lebensräumen spielen sie für die Artenvielfalt eine wichtige Rolle. Ihre Gesamtlänge in der Schweiz beträgt gemäss Schätzungen des LFI rund 115 000 Kilometer (Brändli et al. 2020). Artenarme Waldränder mit maximal 5 beobachteten Gehölzarten

pro 50 Meter Waldrand sind auf einen Anteil von 4,5 % am gesamten Waldrand gesunken, während artenreiche Bestände mit 16 oder mehr Arten pro 50 Meter Waldrand auf 34,1 % zugenommen haben.

Von 2008 bis 2020 wurden im Rahmen der Programmvereinbarungen zwischen Bund und Kantonen auf einer Gesamtfläche von mehr als 25 000 Hektaren gezielte Massnahmen zur Förderung der Biodiversität durch Waldrandpflege und Lebensraumaufwertungen sowie zur Unterstützung von kulturhistorischen Bewirtschaftungsformen wie Wytweiden oder Selven umgesetzt (Stadler und de Sassi 2021). Fördermassnahmen z. B. für den Erhalt dieser Bewirtschaftungsformen und ihrer besonderen Biodiversität sind unabdingbar. Die Massnahmen wirken sich nachweislich positiv auf die lokale Biodiversität aus (Bühler und Roth 2021). Die positive Entwicklung der Biodiversität auf der gesamten Waldfläche ist vor allem auf die günstige Entwicklung des Gesamtsystems zurückzuführen, für die der naturnahe Waldbau eine zentrale Rolle spielt.

Vielfalt weiterer Artengruppen

Der Artenreichtum im Wald ist im Verhältnis zu seiner Fläche überdurchschnittlich gross. Von rund 56 000 in der Schweiz nachgewiesenen Arten leben ca. 40 % im oder vom Wald. Der Anteil der Waldarten unterscheidet sich allerdings je nach Organismengruppe. Überdurchschnittlich hoch ist er mit jeweils über 80 % bei Fledermäusen, Bockkäfern, Grosspilzen und Flechten (Brändli und Bollmann 2015), wogegen der Waldanteil der einheimischen Gefässpflanzen mit weniger als 25 % deutlich geringer ist. Von den rund 6000 in der Schweiz beschriebenen Grosspilzen werden 3650 Arten als Waldarten eingestuft. 428 Moos- und 130 Schneckenarten sowie 27 Arten von Tagfaltern und Widderchen werden regelmässig im oder am Wald nachgewiesen. Obwohl im Wald der Anteil der gefährdeten Brutvogelarten mit 9 von 59 Arten deutlich tiefer ist als im gesamtschweizerischen Durchschnitt, gibt es Waldvogelarten, deren Population abnimmt, z. B. Waldschnepfe, Turteltaube, Grauspecht, Baumpieper, Waldlaubsänger und Zitronenzeisig (Knaus et al. 2021; Kap. 4.10).

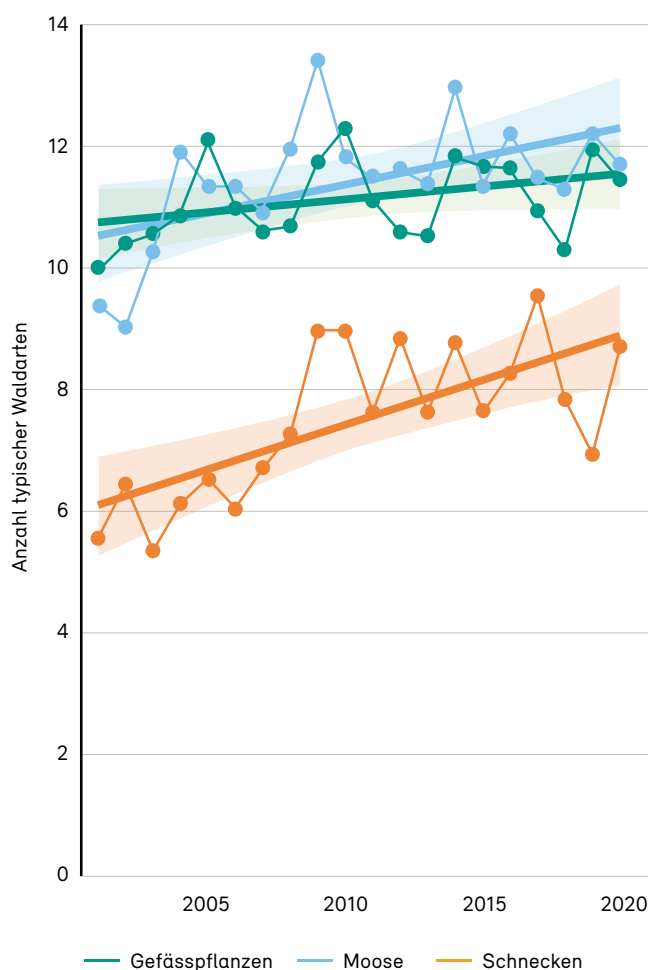
Entwicklung ausgewählter Organismengruppen

Das Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM) hat von 2000 bis 2020 eine kontinuierliche Zunahme der Artenvielfalt von Waldschnecken und Waldmoosen auf den untersuchten Waldflächen ausgewiesen (BAFU 2014; Abb. 4.1.2). Bei den Waldschnecken hat sowohl die Anzahl der Arten als auch jene der Individuen zugenommen. Die Zunahme der Individuenzahl steht in direktem Zusammenhang mit dem Zuwachs des Totholzangebots (Kap. 4.5). Auf BDM-Beobachtungsflächen, in denen die Bestände dichter und schattiger wurden, hat die Artenvielfalt der Waldmoose zugenommen. Neben den strukturellen Veränderungen dürfte auch die steigende Verfügbarkeit von Nährstoffen in Kombination mit der gesunkenen Schwefeldioxidbelastung die Diversität von Waldmoosen positiv beeinflusst haben (Birrer et al. 2022).

Die Artenvielfalt der Gefässpflanzen insgesamt hat sich dagegen nicht signifikant verändert (Abb. 4.1.2). Während auf BDM-Beobachtungsflächen mit höherer Baumbestandesdichte weniger Waldpflanzen beobachtet wurden, führte der Rückgang des Nadelholzanteils in den für Laubholzwälder typischen Vegetationsstufen (kolline und montane Stufen) zu einer Zunahme der Artenvielfalt der Gefässpflanzen (Birrer et al. 2022).

Abbildung 4.1.2

Entwicklung der Artenvielfalt bei Gefässpflanzen, Waldschnecken und Waldmoosen auf 564 je 10 m² grossen BDM-Beobachtungsflächen. Die Geraden zeigen den Trend mit 95%-Vertrauensintervall.



Quelle: Birrer et al. 2022

Für Arten mit besonderen Lebensraumsprüchen bezüglich Licht, Wasser, Nährstoffen und Totholz können mit dem BDM aus methodischen Gründen keine Trends aufgezeigt werden. Dies würde ergänzende Untersuchungen erfordern. So wurde im LFI4 die Situation der Waldameisen erhoben (Wermelinger et al. 2019), die lichte Baumgruppen gegenüber einer geschlossenen Kronendecke sowie Wälder mit einem hohen Nadelholzanteil bevorzugen. Auf einer von zwanzig LFI-Probeflächen wurden Waldameisenhaufen gefunden. Neun von zehn Ameisenhaufen sind im natürlichen Verbreitungsgebiet der Nadelwälder vorgekommen. In Naturwaldreservaten

waren Waldameisen doppelt so häufig anzutreffen wie in Sonderwaldreservaten (Brändli et al. 2020), weil die Naturwaldreservate im Durchschnitt höher gelegen sind als die Sonderwaldreservate und in höheren Lagen natürliche Nadelwälder häufiger sind als in tieferen (Kap. 4.9).

Wildbestand

Gut geht es dem Schalenwild in der Schweiz. Das Reh ist von den Tieflagen bis über die obere Waldgrenze hinaus verbreitet. Gemäss Schätzungen belief sich sein Bestand im Jahr 2021 auf rund 135 000 Tiere (BAFU 2023a). Der Rothirsch verzeichnete in der letzten Dekade eine Zunahme von 27 % auf rund 39 000 Tiere und hat sich in den zentralen und westlichen Voralpen weiter ausbreitet. Einige Tiere stossen mittlerweile bis ins Mittelland vor. Der Bestand der Gämse hat sich bei 91 000 Tieren stabilisiert. Für das Wildschwein sind keine verlässlichen Schätzungen verfügbar. Es dürfte vom Klimawandel profitieren und sein Verbreitungsgebiet in die Voralpen ausdehnen. Grossraubtiere wie Wolf und Luchs profitieren von den hohen Schalenwildbeständen. Der Luchs hat sich im Jura und in den westlichen und zentralen Alpen etabliert und stösst in die östlichen Zentralalpen vor. Auch der Wolfbestand hat beträchtlich zugenommen. 2023 lebten rund 240 Individuen in 23 Rudeln vor allem in den Alpen und im westlichen Jura (KORA 2023). Einzelne Tiere wurden mittlerweile auch im Mittelland beobachtet. Das Populationswachstum sowohl beim Schalenwild als auch bei den Grossraubtieren dürfte im nächsten Jahrzehnt in gewissen Regionen anhalten.

Auswirkungen des Klimawandels

Insgesamt ist der Trend bei der Artenvielfalt bei Bäumen und vielen anderen Waldarten positiv. Doch zeigt das Beispiel der Esche, dass viele Arten direkt oder indirekt voneinander abhängen. Das komplexe Wirkungsgefüge im Ökosystem Wald ist anfällig für die Folgen des Klimawandels (Kap. 2.5), die Ausbreitung invasiver Neophyten (Kap. 4.4) oder den übermässigen Eintrag von Stickstoff aus der Atmosphäre (Kap. 2.1). So kann der Klimawandel nicht nur zu Arealverschiebungen von Arten in höhere Lagen führen, sondern auch zu veränderten Wechselwirkungen zwischen Artengruppen, z. B. zwischen Blütenpflanzen und Insekten. Diese Effekte können besonders spezialisierte Arten gefährden, die auf seltene Lebensräume oder auf andere Arten angewiesen sind (Kap. 4.8).

4.2 Verjüngung

Barbara Moser, Meinrad Abegg, Andrea D. Kupferschmid, Petia Nikolova, Daniel Scherrer, Timothy Thrippleton, Robert Jenni

- Die Dichte der Jungbäume hat in der letzten Dekade abgenommen, indem die von den Stürmen Vivian und Lothar geschaffenen Verjüngungsflächen wieder zugewachsen sind. Auch der Wildverbiss beeinflusst in vielen Regionen die Artenzusammensetzung und reduziert die Verjüngungsdichte. Die Bestände der Esche nördlich der Alpen und der Kastanie im Tessin haben sowohl beim Jungwuchs als auch bei den adulten Bäumen abgenommen.
- Im Schweizer Wald dominiert die Naturverjüngung mit einem Flächenanteil von 90,9 % an der Gesamtverjüngung. Dies ist Ausdruck der ökonomischen und ökologischen Vorteile der Naturverjüngung im naturnahen Waldbau.
- Um die Resilienz des Waldes bei Störungen sowie die Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel zu gewährleisten, ist eine artenreiche Baumverjüngung erforderlich.

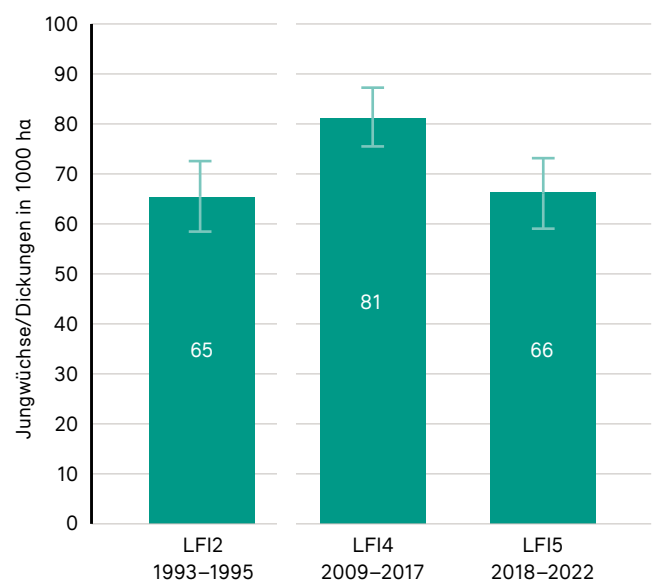
Entwicklung der Verjüngungsflächen

Durch Verjüngung kann sich der Wald an sich ändernde Umweltbedingungen anpassen. Im naturnahen Waldbau hat die Naturverjüngung Priorität. Sie bietet gegenüber einer künstlichen Verjüngung durch Pflanzungen den ökologischen Vorteil der grösseren genetischen und strukturellen Vielfalt und den ökonomischen Vorteil, dass keine Kosten für die Samengewinnung anfallen. Der Flächenanteil der Naturverjüngung an der Gesamtverjüngung hat zwischen dem vierten und dem fünften LFI (LFI4 2009–2017 bis LFI5 2018–2022) leicht auf 90,9 % zugenommen.

Junge Bäume können sich im Wald etablieren, wenn die Umweltbedingungen dem Keimen und Aufwachsen der Samen förderlich sind. Dies ist hauptsächlich in Lichtungen gewährleistet, wo die Pflanzen genügend Licht für das Wachstum haben. Die Stürme Vivian im Jahr 1990 und Lothar im Jahr 1999 haben viele vorübergehend offene Flächen geschaffen. Insbesondere im Mittelland, in den Voralpen und in den Alpen führte dies zu einer Zunahme der Verjüngungsflächen (Abb. 4.2.1). Inzwischen ist die Sukzession auf diesen Flächen weiter fortgeschritten, sodass die offenen Flächen

Abbildung 4.2.1

Gesamtfläche von Beständen der Entwicklungsstufe Jungwüchse/ Dickungen im LFI2, LFI4 und LFI5.



Quelle: LFI

wieder abgenommen haben. Entsprechend ist die Dichte junger Buchen und Fichten in der letzten Dekade wieder auf den Stand von 1995 zurückgegangen (LFI2 1993–1995). Die Dichte der jungen Eichen ist konstant geblieben, während die Dichte der jungen Weisstannen im Jura (+ 20 %), im Mittelland (+ 22 %) und in den Voralpen (+ 56 %) seit dem LFI4 weiter zugenommen hat. Die Dichte der Eschen-Jungbäume hat im Jura (– 18 %), im Mittelland (– 46 %) und in den Voralpen (– 43 %) abgenommen. In den Alpen und auf der Alpensüdseite ist sie stabil geblieben. Die Abnahme dürfte eine Folge des Eschentriebsterbens sein (Dubach et al. 2023; Kap. 2.4). Bei der Kastanie im Tessin haben die Verjüngungswerte seit 1995 kontinuierlich abgenommen, seit 2015 jedoch nicht mehr in gleichem Ausmass wie zuvor.

Vielfalt der Verjüngung und hemmende Faktoren

Die vielfältige Verjüngung – vielfältig sowohl bezüglich Artenzusammensetzung als auch bezüglich genetischer

und struktureller Vielfalt – fördert die Fähigkeit, sich an den Klimawandel anzupassen (Pluess et al. 2016). In den tiefen Lagen ist eine reichliche Verjüngung von Spitzahorn und Eiche wünschenswert, in den mittleren Lagen jene von Bergahorn und Weisstanne. Denn diese Bäume gelten als sogenannte Zukunftsbaumarten, da sie bei den zu erwartenden veränderten Standortbedingungen wohl an Bedeutung gewinnen werden. Für einen klimaangepassten Wald sollten sie sukzessive Buchenreinbestände oder nicht standortgerechte Fichtenkulturen ablösen (Temperli et al. 2023). Auch verschiedene heute noch seltene einheimische Baumarten wie der Speierling, die Elsbeere oder der Schneeballblättrige Ahorn sollten gefördert werden, weil sie für die Anpassung an den Klimawandel sowie für die Waldbiodiversität von besonderem Wert sind.

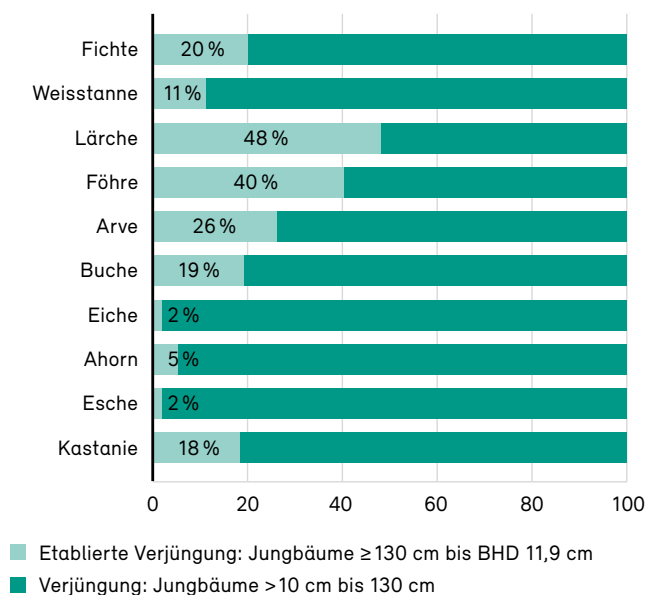
Bis junge Bäume die Baumschicht erreichen, sind sie einer Vielzahl von hemmenden Faktoren ausgesetzt, z. B. Frost, Hitze, Trockenheit oder Beschattung. Auch Vegetationskonkurrenz, Krankheitserreger oder Wildverbiss spielen eine Rolle. Die hohe Mortalität junger Bäume wird von verschiedenen natürlichen Faktoren verursacht, z. B. Lichtmangel beim Zuwachsen von Verjüngungsflächen. Auch der Verbiss durch wildlebende Huftiere erschwert in vielen Regionen die natürliche Verjüngung (Imesch et al. 2015). Wildbedingte Veränderungen in der Baumartenzusammensetzung treten auf, wenn die Wildbestände im Ungleichgewicht mit ihrer Lebensraumkapazität stehen oder Störungen ihre räumliche Verteilung ungünstig beeinflussen.

Etablierte Verjüngung

Auf den Probeflächen des LFI werden Bäume als Jungbäume erfasst, wenn sie höher als 10 cm sind und weniger als 12 cm Durchmesser auf der Brusthöhe von 1,3 m haben (BHD < 12 cm). Je höher die Bäume werden, desto robuster sind sie. Jungbäume, die über 1,3 m hoch werden, gelten als etablierte Verjüngung, da sie sich bereits gegen die Konkurrenzvegetation durchgesetzt haben. Zudem kann ihr Haupttrieb vom Wild nicht mehr erreicht werden (Ott et al. 1991). Der Anteil der etablierten Verjüngung an der Gesamtzahl junger Bäume ist ein wichtiges Mass für die langfristig erfolgreiche Waldverjüngung. Bei lichtbedürftigen Pionierbaumarten wie Lärchen und Föhren ist der Anteil der etablierten Verjüngung mit 48 % bzw. 40 % naturgemäss hoch (Abb. 4.2.2), da ihre Sämlinge ein schnelles Höhenwachstum aufweisen.

Abbildung 4.2.2

Anteil der etablierten Verjüngung an der Gesamtverjüngung nach Baumarten, 2022. Je grösser der Anteil der etablierten Verjüngung ist, desto erfolgreicher ist die Waldverjüngung.



Quelle: LFI (Abegg et al. 2023)

Fichten und Buchen hingegen sind durch ihr langsames Jugendwachstum länger hemmenden Faktoren ausgesetzt. Deshalb erreicht bei diesen Arten mit 20 % bzw. 19 % ein kleinerer Anteil der Bäume die etablierte Verjüngung. Ist eine Baumart regelmässig von Krankheiten, Schädlingen oder Wildverbiss betroffen, nimmt dieser Anteil ab. Ein tiefer Anteil an etablierter Verjüngung, vor allem bei Arten wie Eiche und Ahorn, könnte die Sicherstellung gewünschter Ökosystemleistungen gefährden und sollte deshalb genau beobachtet werden.

Durch die Untersuchungen zur Vegetationsdynamik nach den Stürmen Vivian und Lothar hat sich das Wissen über die Verjüngungsdynamik entscheidend verbessert (Wohlgemuth und Kramer 2015). Zudem sind heute mehr Daten zur Verjüngung verfügbar. Sie weisen darauf hin, dass bei einigen Baumarten hauptsächlich der Wildverbiss für den beobachteten tiefen Anteil an etablierter Verjüngung verantwortlich sein könnte. Zur etablierten Verjüngung fehlen jedoch noch genügend robuste Daten, um standort- und artbezogene Zielwerte zu definieren, durch die die Waldfunktionen längerfristig sichergestellt werden können.

4.3 Naturnähe

Daniel Scherrer, Meinrad Abegg, Robert Jenni, Timothy Thrippleton

- Rund 20 % der Waldfläche wurden seit über fünfzig Jahren nicht mehr genutzt. Die meisten dieser Wälder befinden sich in den Alpen, wo sie 46 % der Waldfläche ausmachen, gefolgt von den Voralpen mit 36 %. Im Mittelland dagegen wurden 97 % der Waldfläche in den letzten fünfzig Jahren genutzt.
- Naturferne Bestände haben weiter abgenommen. Trotzdem fehlen insbesondere in den Tieflagen Wälder in späten Entwicklungsphasen, die für die Artenvielfalt besonders wertvoll sind.
- Im Mittelland sind weniger als 30 % der Waldfläche naturnah. Der hohe Anteil an naturfernen Wäldern birgt mehr Risiken, da diese Bestände anfälliger für Störungen durch Trockenheit und Schadorganismen sind, die beim fortschreitenden Klimawandel häufiger auftreten werden.

(Brang et al. 2011). Er kann alle Phasen einer natürlichen Waldentwicklung durchlaufen und ist sozusagen «auf dem Weg zu Urwald». In der Schweiz wurden insgesamt 271 500 Hektaren oder 22,4 % der gesamten Waldfläche seit mindestens fünfzig Jahren nicht mehr bewirtschaftet. Davon wurden 101 400 Hektaren (8,4 %) seit über hundert Jahren nicht mehr genutzt. Der Anteil ohne Nutzung seit über fünfzig Jahren ist in der letzten Dekade um 11,2 % gestiegen, wogegen der Anteil ohne Nutzung seit über hundert Jahren um 3,7 % abgenommen hat. Am meisten verbreitet sind diese Wälder auf der Alpensüdseite und im Wallis. Im Jura und im Mittelland sind sie dagegen sehr selten. Damit in allen Gebieten der Schweiz ein Teil der Wälder einer natürlichen Dynamik folgen und sich die Biodiversität ungehindert entwickeln kann, werden Naturwaldreservate ausgeschieden (Kap. 4.9).

Urwald und Naturwald

Ein Urwald ist ein Wald, in dem entweder keine frühere Nutzung durch den Menschen bekannt ist oder diese so weit zurückliegt, dass sie keinen Einfluss mehr auf die Struktur und Zusammensetzung des Waldes hat. Er unterscheidet sich in der Alterszusammensetzung und in der Häufigkeit verschiedener Baumarten vom Wirtschaftswald. Zudem weist er höhere Totholz mengen auf. Als natürliche Lebensräume sind die Urwälder für viele Pflanzen- und Tierarten von unersetzlichem Wert, vor allem für störungsempfindliche sowie alt- oder totholzbewohnende Arten (Kap. 4.5).

In Europa bedeckt Urwald 2,2 % der gesamten Waldfläche. Er liegt meist in sehr abgelegenen Gebieten mit oft extremen klimatischen oder topografischen Bedingungen (Forest Europe 2020). In der Schweiz bedecken die beiden Urwälder in Derborence (VS) und in Scatlè (GR) nur noch rund 30 Hektaren und damit weniger als 0,01 % der landesweiten Waldfläche (Brang et al. 2011).

Als Naturwald gilt ehemaliger Kulturwald, der aus Naturverjüngung entstanden ist, eine naturnahe Baumartenzusammensetzung hat und sich über längere Zeit ohne Eingriffe des Menschen entwickeln konnte

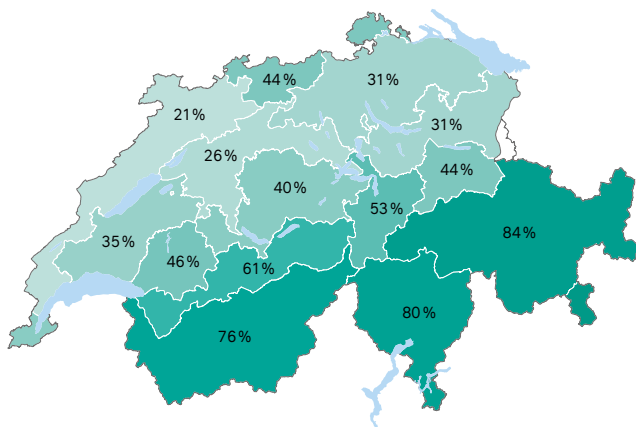
Kriterien für die Naturnähe eines Waldes

Der Grad der Naturnähe eines Waldes zeigt, wie nahe dessen Struktur und Zusammensetzung einem ohne anthropogene Einflüsse gewachsenen Wald entsprechen. Für eine allgemeine Beurteilung der Naturnähe gibt es allerdings keine offiziell anerkannte qualitative oder quantitative Grundlage. Die am häufigsten verwendeten Kriterien sind standortgerechte Baumartenzusammensetzung sowie Strukturvielfalt. Das Kriterium Strukturvielfalt beinhaltet Merkmale wie den Schlussgrad, die Bestandesdichte und das Vorkommen von inneren Waldrändern, Lücken, Starkholz und Giganten. Seit dem LFI1 (1983–1985) hat die Strukturvielfalt im Schweizer Wald kontinuierlich zugenommen. Heute weisen 42 % der Waldfläche eine hohe Strukturvielfalt auf.

Ein standortgerechter Nadelholzanteil ist ein wichtiger Faktor für die Beurteilung der Naturnähe (Abb. 4.3.1). Die Waldfläche mit einem naturnahen Anteil von Nadelbäumen ist schweizweit auf 51 % der Gesamtfläche angestiegen (Abegg et al. 2023). Zwei Drittel dieser Waldflächen liegen in Bergregionen mit natürlicherweise häufiger vorkommenden Nadelwäldern (Nadelwaldareal). Sie sind somit per definitionem naturnah. In Tieflagen, wo natürlicherweise Laubbäume dominieren

Abbildung 4.3.1

Anteil der Waldfläche in den 14 Wirtschaftsregionen der Schweiz, die, basierend auf einem standortgerechten Nadelholzanteil, als naturnah eingestuft wird, 2022.



Quelle: LFI

(Laubwaldareal), deutet ein hoher und deshalb wenig standortgerechter Anteil an Nadelhölzern dagegen auf anthropogene Eingriffe und somit eher naturferne Wälder hin. Im Laubwaldareal, insbesondere im Mittelland, ist der Anteil mässig bis stark naturferner Bestände mit 70 % immer noch hoch. Solche Bestände sind anfälliger für Störungen (Scherrer et al. 2022, Scherrer et al. 2023), vor allem bei kombinierten Effekten von Trockenheit und Windwurf mit anschliessendem Borkenkäferbefall. Dank dem in der Schweiz flächendeckend praktizierten naturnahen Waldbau mit Naturverjüngung (Kap. 4.2) und in der Folge des Wiederbewuchses nach Störungsereignissen haben naturferne Bestände mit einem Nadelholzanteil von über 75 % oder sehr naturferne Bestände mit einem Fichtenanteil von über 75 % seit der Erhebung des LFI1 (1983–1985) von 26 % auf 21 % abgenommen.

Bei anhaltender Klimaerwärmung wird sich das Laubwaldareal weiter ausdehnen. Dies wird den natürlichen Nadelholzanteil reduzieren. Zudem sind Artenverschiebungen innerhalb des Laubwaldareals zu erwarten. Die Buche wird voraussichtlich zugunsten der Eiche und anderer Laubbaumarten an Bedeutung verlieren (Pluess et al. 2016). Um den Artenverschiebungen in den Laubwaldarealen und der Naturnähe von Wäldern in Nadelwaldarealen Rechnung zu tragen, ist es wichtig, die Naturnähe nicht nur aufgrund des Nadelholzanteils zu evaluieren, sondern detailliertere Indikatoren anzuwenden (Scherrer et al. 2023).

Biotopwert und Lebensraumvielfalt

Der Biotopwert ermöglicht die ganzheitliche Beurteilung von Zustand und Entwicklung eines Waldes aus ökologischer Sicht. Er wird aus mehreren Kriterien wie der Baumartenvielfalt, der Strukturvielfalt (Schlussgrad, Schichtung, Entwicklungsstufe) und der Naturnähe des Waldes errechnet und gilt als Mass für die Lebensraumqualität für Tier- und Pflanzenarten. In den Schweizer Wäldern hat er in der letzten Dekade leicht zugenommen. Rund 55 % der Waldflächen haben mittlerweile einen hohen Biotopwert. Wälder mit hohem Biotopwert finden sich insbesondere in den Gebirgskantonen Wallis, Tessin und Graubünden.

Der ökologische Zustand und die Artenvielfalt im Wald hängen zu einem grossen Teil von der Baumarten- und Strukturvielfalt sowie der Totholzmenge und der Anzahl von Habitatbäumen ab (Kap. 4.1, Kap. 4.8). Naturnaher Waldbau, der Aufbau von Altholzinseln und die Ausscheidung von Waldreservaten sind für die Förderung dieser Strukturelemente zentral. Die Schweiz besitzt im europäischen Vergleich eine aussergewöhnliche Vielfalt an Waldlebensräumen. Viele stehen auf der Liste der National Prioritären Lebensräume und gelten somit als besonders schützenswert (BAFU 2019a). Der Schutz und die Förderung dieser vielfältigen und naturnahen Lebensräume tragen wesentlich zum Erhalt der Biodiversität in der ganzen Schweiz bei.

4.4 Nicht einheimische Baumarten

Marco Conedera, Kathrin Streit, Meinrad Abegg, Robert Jenni, Bruno Lauper

- Der gezielte Anbau nicht einheimischer Baumarten spielt in der Schweizer Waldwirtschaft nach wie vor eine kleine Rolle. In der letzten Dekade hat sich die Fläche, auf der solche Arten dominieren, um 0,2 % auf 0,7 % erhöht.
- Unter besonderen Umweltbedingungen können sich nicht einheimische Gehölzarten invasiv ausbreiten, vor allem in tieferen Lagen. Als Strategie zur Anpassung an den Klimawandel gewinnt der Anbau nicht invasiver gebietsfremder Baumarten an Bedeutung.
- Beim Einsatz nicht einheimischer Baumarten müssen die Risiken und Chancen sorgfältig abgewogen werden. Der Umgang mit invasiven Arten muss in die waldbauliche Planung einbezogen werden.

Neophyten im Wald

Die Schweizer Flora umfasst rund 730 etablierte nicht einheimische Pflanzenarten (Neophyten), die spontan Populationen bilden können (BAFU 2022f). Sie machen 22 % aller Arten aus (Lauber et al. 2018). In anderen mitteleuropäischen Ländern sind die Anteile der Neophyten ähnlich hoch oder höher. Auch im Wald gedeihen Neophyten. Einige davon sind nicht einheimische Baumarten, die von der Waldwirtschaft eingeführt und genutzt werden (Conedera und Brändli 2015). Andere

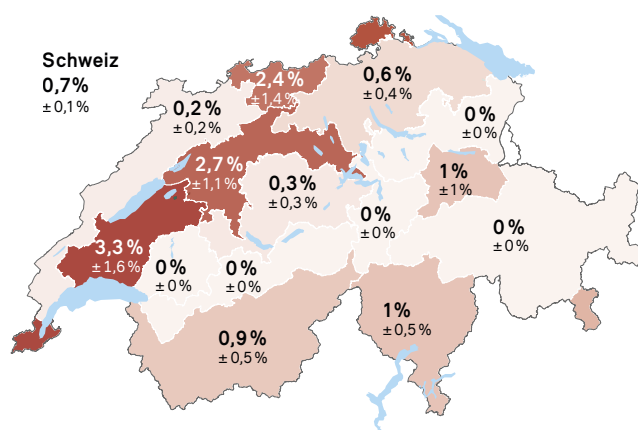
Neophyten wiederum breiten sich unkontrolliert aus. Wenn sie dadurch einheimische Arten verdrängen und das Gleichgewicht der natürlichen Waldlebensräume und -gesellschaften stören, gelten sie als invasiv. So werden nicht einheimische Arten bezeichnet, die Mensch und Umwelt gefährden oder die biologische Vielfalt, Ökosystemleistungen sowie deren nachhaltige Nutzung beeinträchtigen können (BAFU 2022f). Aktuell zählen 22 Gehölzarten (Bäume, Sträucher und Lianen) zu den invasiven Neophyten. Als potenziell invasiv sind zehn weitere Arten gelistet.

Anbau nicht einheimischer Baumarten

Gemäss dem LFI5 (2018–2026) werden in der Schweiz nur 0,7 % der Waldfläche von eingeführten Baumarten dominiert. Das sind 0,2 % mehr als noch im LFI4 (2009–2017). Sie kommen fast ausschliesslich in Lagen bis 1000 m ü. M. vor. Von diesen Beständen liegen 24 % in der Wirtschaftsregion Mittelland Mitte, 17 % auf der Alpensüdseite, 16 % in der Region Mittelland West und je 12 % in den Regionen Jura Ost und Alpen Südwest. Ein ähnliches Bild zeigt sich beim Anteil dieser Bestände an der gesamten Waldfläche der Wirtschaftsregionen (Abb. 4.4.1). Douglasie, Roteiche und Schwarzföhre sind die wichtigsten der eingeführten Baumarten. Die Nutzung ermöglicht eine gewisse Kontrolle über ihre Verjüngung und Verbreitung. Im Jura und im Mittelland zeigen Douglasie und Strobe jedoch eine Tendenz zur spontanen Verjüngung und Ausbreitung (Abb. 4.4.2). Während der Anbau nicht einheimischer Baumarten in einigen mitteleuropäischen Ländern eine wichtige Einkommensquelle für die Waldwirtschaft ist (Conedera und Brändli 2015), liegt die produzierte Holzmenge in der Schweiz selbst der häufigsten dieser Arten, z. B. der Douglasie, auf einem derart tiefen Niveau, dass sie nur in einem kleinen Nischenmarkt bestehen können. Mit dem Klimawandel könnten zukunftsfähige nicht einheimische Baumarten jedoch an Bedeutung gewinnen (Frei et al. 2018), dies selbst unter den Grundsätzen des naturnahen Waldbaus, der die Naturverjüngung und den Anbau einheimischer Baumarten priorisiert. Allerdings ist über die Anfälligkeit der nicht einheimischen Baumarten für einheimische oder in Zukunft eingeschleppte Krankheitserreger wenig

Abbildung 4.4.1

Anteil der Waldfläche in den 14 Wirtschaftsregionen der Schweiz, die von nicht einheimischen Baumarten dominiert wird, 2022.



Quelle: LFI (Abegg et al. 2023)

bekannt. Zudem besteht die Gefahr, dass sie sich häufiger und unkontrolliert vermehren und somit invasiv werden. Die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen sind deshalb noch nicht abschätzbar und sollten vertieft erforscht werden.

Invasive nicht einheimische Gehölzarten

Einige nicht einheimische Gehölzarten, die in der Schweiz seit geraumer Zeit als Zierpflanzen in privaten oder öffentlichen Gärten kultiviert werden oder sich in brachliegenden Flächen vermehrt haben, sind invasiv geworden und in die Wälder eingedrungen. Das Invasionspotenzial einer gebietsfremden Gehölzart hängt sowohl von den Eigenschaften der jeweiligen Art (Verjüngungsökologie, Wuchsverhalten, Standortansprüche) als auch von den Voraussetzungen des Gast-Ökosystems (Vorhandensein von genügend Licht, Konkurrenzkraft der einheimischen Arten, Präsenz natürlicher Feinde) ab (Conedera und Schoenenberger 2014).

In den Schweizer Wäldern zeichnen sich zwei ökologisch unterscheidbare Invasionsmuster ab: erstens eine rasche Kolonisierung von Störungs- und Eingriffsflächen durch nicht einheimische Pionierarten. Ein Beispiel hierfür ist der Vormarsch des Götterbaums, der Robinie sowie des Schmetterlingsstrauchs (Sommerflieder), der bereits in mehreren Wirtschaftsregionen beobachtet wird (Abb. 4.4.2). Zweitens das schleichende Eindringen wärmeliebender, schattentoleranter, immergrüner nicht einheimischer Gehölze ins Unterholz von sommergrünen Laubwäldern in tieferen Lagen. Ein Beispiel hierfür ist das Aufkommen des Kirschlorbeers und der immergrünen Arten der Geissblätter im Jura und im Mittelland.

Die Ausbreitung von nicht einheimischen Gehölzarten ist im Vergleich zum gesamten Waldgeschehen immer noch ein seltenes Phänomen. Das LFI ist zwar darauf ausgerichtet, grössere Veränderungen im Wald zu erfassen, dennoch zeigen sich selbst auf den LFI-Probeflächen in verschiedenen Regionen bereits signifikante Zunahmen oder Erstrnachweise nicht einheimischer Arten. So hat das LFI5 auf der Alpensüdseite eine weitere Ausbreitung des Kirschlorbeers sowie das erstmalige Auftreten der Chinesischen Hanfpalme und der Lotuspflaume registriert. Auch weitere Pionierarten wie der Blauglockenbaum und schattentolerante, immergrüne Pflanzen wie der Kampferbaum, der Edel-Lorbeer und die Stechende Ölweide sind hier auf dem Vormarsch (Schoenenberger et al. 2014).

Die invasiven nicht einheimischen Arten breiten sich also in den tieferen Lagen aller Regionen der Schweiz weiter aus, insbesondere auf der Alpensüdseite, im Jura und im Mittelland. Um eine gezielte Strategie im angestrebten naturnahen Waldbau umzusetzen, sind ein detailliertes Monitoring sowie Konzepte für einen vorausschauenden Umgang mit der Dynamik dieser Arten erforderlich.

Abbildung 4.4.2

Anteil der Waldfläche mit nicht einheimischen Baum- und Straucharten, nach Art, Grössenklasse und Region, gemäss den Erhebungen im LFI4 (2009–2013) und im LFI5 (2018–2022). Signifikante Veränderungen und erstmalige Vorkommen auf den LFI-Probeflächen sind farblich hervorgehoben. Die gemäss dem BAFU-Bericht «Gebietsfremde Arten in der Schweiz» invasiven Gehölzarten sind mit «inv» bezeichnet.

Art	Jura West	Jura Ost	Mittelland West	Mittelland Mitte	Mittelland Ost	Voralpen West	Voralpen Mitte	Voralpen Ost	Alpen Nordwest	Alpen Mitte	Alpen Nordost	Alpen Südwest	Alpen Südost	Alpensüdseite
Schwarzföhre	○	○												
Strobe	●	●	●	●	●		○							
Douglasie	●	●	●	●	●	●								○
Roteiche	●	●	●	●	○									
Robinie ^{inv}		○	○	○	○			●				●	●	●
Götterbaum ^{inv}								○		○				
Schmetterlingsstrauch ^{inv}				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Kirschlorbeer ^{inv}	●	●	●	●	●	●								●
Spätreibende Kirsche ^{inv}														●
Hanfpalme ^{inv}														○
Essigbaum ^{inv}														
Falsche Mimose ^{inv}	●													
Blauglockenbaum ^{inv}				●										
Seidiger Hornstrauch ^{inv}				●										
Runzeliger Schneeball ^{inv}				●										
Henrys Geissblatt ^{inv}			●	●										
Japanisches Geissblatt ^{inv}			●											
Korallenstrauch ^{inv}												●	●	
Lotuspflaume ^{inv}														●

**Gehölze bis 12 cm
Brusthöhendurchmesser**

- Zunahme > 5 %
- 1–5 %
- Erstnachweis LFI < 1 %

**Gehölze ab 12 cm
Brusthöhendurchmesser**

- Zunahme > 5 %
- 1–5 %
- Erstnachweis LFI < 1 %

Quelle: LFI, BAFU 2022f

4.5 Totholz

Rita Bütler, Martin Gossner, Thibault Lachat, Meinrad Abegg, Bruno Lauper

- Das Totholzvolumen hat sich in der letzten Dekade schweizweit auf 32 Kubikmeter pro Hektare erhöht. Somit ist dieses walddpolitische Ziel in den meisten Regionen erreicht. Im Mittelland gibt es aber in gewissen Regionen weniger als 20 Kubikmeter Totholz pro Hektare.
- Beide Werte reichen nur für Arten mit niedrigen Totholzansprüchen aus. Alte Bäume mit grosser Vielfalt an Mikrohabitaten und dickes Totholz sind noch zu selten. Es besteht ein Bedarf an Massnahmen zur Förderung von dickem Totholz und alten Bäumen, die den vollständigen Lebenszyklus durchlaufen.
- Die steigende Nachfrage nach Holz könnte den positiven Trend zu höheren Totholzvolumen gefährden.

Bedeutung von Totholz und Habitatbäumen

Totholz umfasst stehende und liegende abgestorbene Bäume oder Baumteile aller Baumarten, Dimensionen und Zersetzungsstadien. Als Habitatbäume bezeichnet man Bäume mit Mikrohabitaten wie Mulmhöhlen oder Fruchtkörpern von Baumpilzen für bestimmte Käfer sowie Spalten als Lebensraum für Fledermäuse. Es sind über vierzig Baummikrohabitate definiert worden (Larrieu et al. 2018, Bütler et al. 2020). Alte oder dicke Bäume bieten mehr und vielfältigere Mikrohabitate an als jüngere und sind deswegen für die Waldartenvielfalt besonders wichtig (Abb. 4.5.1). Etwa ein Drittel der Waldarten ist streng an Totholz oder Habitatbäume gebunden (Stokland et al. 2012), darunter viele Käfer, höhere Pilze, aber auch Vögel, Fledermäuse, Amphibien sowie Moose und Flechten. Viele Arten nutzen diese Strukturen als Brut-, Nahrungs- oder Überwinterungsplätze (Graf et al. 2022). Nebst seiner Bedeutung für die Artenvielfalt ist Totholz auch wichtig als Schutz gegen Steinschlag, für die Kohlenstoff- und Wasserspeicherung und für die Naturverjüngung, dies insbesondere im Gebirge.

Die Ansprüche holzbewohnender (xylobionter) Arten sind mannigfaltig. Deshalb muss Totholz in vielfältigen Formen bereitstehen: dick und dünn, stehend als Dürrestände und liegend, an der Sonne und im Schatten, von verschiedenen Baumarten, in unterschiedlichen Zersetzungsstadien und unter vielfältigen Klimabedingungen (Gossner et al. 2016,

Abbildung 4.5.1

Alte Bäume sind selten im Schweizer Wald. Sie bieten besonders viele Mikrohabitate an. Foto: Rita Bütler



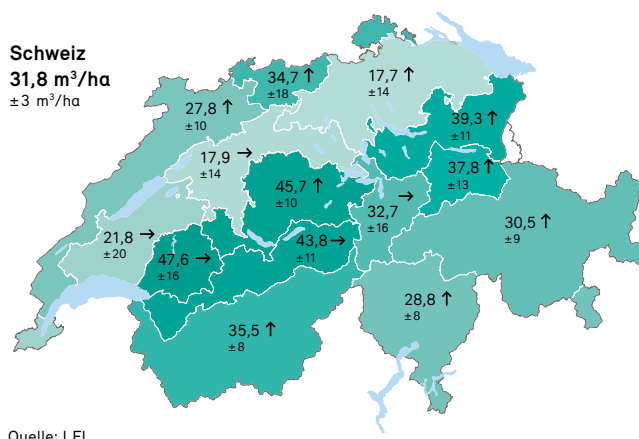
Seibold et al. 2016). Daneben sind eine hohe Quantität und eine kontinuierliche Verfügbarkeit von Totholz und Habitatbäumen in Raum und Zeit wichtig. Denn die verschiedenen Entwicklungsstadien der Baummikrohabitate und die verschiedenen Zersetzungsstadien werden von unterschiedlichen Arten genutzt.

Entwicklung der Totholz mengen

Die quantitative Totholzentwicklung im Schweizer Wald ist insgesamt positiv (Kap. 1.2). Gemäss dem LFI5 (2018–2022) hat sich das Totholzvolumen in der letzten Dekade in vielen Regionen vergrössert und beträgt heute im Durchschnitt 32 Kubikmeter pro Hektare (m^3/ha). Im Mittelland, der totholzärmsten Region, gab es jedoch keine oder nur eine geringe Erhöhung (Abb. 4.5.2). Die Totholz mengen liegen

Abbildung 4.5.2

Durchschnittliches Totholzvolumen in den 14 Wirtschaftsregionen in Kubikmeter pro Hektare (m^3/ha), 2022. Veränderungen in der letzten Dekade: ↑ signifikanter Anstieg; → keine Veränderung.



dort in gewissen Regionen noch unter den vom Bund festgelegten minimalen Zielwerten von $20 \text{ m}^3/\text{ha}$ (BAFU 2021c). Die meisten xylobionten Arten benötigen grössere Mengen, nämlich $30\text{--}50 \text{ m}^3/\text{ha}$ in Eichen- und Buchenwäldern. Für die anspruchsvollsten Arten sind gar urwaldähnliche Totholz-mengen von über $100 \text{ m}^3/\text{ha}$ nötig (Müller und Bütler 2010). Deshalb haben unbewirtschaftete Wälder eine grosse Bedeutung für die xylobionte Artenvielfalt, insbesondere in totholz-ärmeren Regionen wie dem Mittelland. Dort sind gemäss LFI jedoch nur 3 % der Waldfläche unbewirtschaftet (Kap. 4.3). Deshalb sind spezifische Massnahmen wie Naturwaldreservate, Altholzinseln und das Erhalten von Habitatbäumen bis zu ihrem Zerfall besonders wichtig. Erfreulicherweise hat sich die Fläche von Naturwaldreservaten in der letzten Dekade erhöht (Kap. 4.9). Im Mittelland sind jedoch kürzlich eingerich-tete Waldreservate natürlicherweise noch relativ totholzarm.

Der Schweizer Wald ist arm an alten, dicken Bäumen (Kap. 1.3), die Garanten für die Mikrohabitatvielfalt und das künftige Angebot von dickem Totholz sind (Abb. 4.5.1). Es dauert Jahrzehnte, bis Bäume genügend dick werden und spezi-fische Mikrohabitate wie Mulmhöhlen ausbilden. Die Anzahl mächtiger Bäume mit einem Durchmesser von mehr als 80 cm (Giganten) verändert sich deshalb nur langsam. Gemäss den Zwischenergebnissen des LFI5 gibt es je nach Region zwischen 0,3 und 3,7 Giganten pro Hektare. In Naturwäldern sind es etwa 10 bis 17 Giganten pro Hektare (Nilsson et al. 2002).

Trotz leichter Zunahme bleibt dickes Totholz selten. Auch ist in der Schweiz gemäss dem LFI5 stark zersetztes Moder- und Mulmholz mit einem Anteil von unter 20 % am Totholz-volumen untervertreten. Der Mangel an alten Bäumen und dicken Stämmen in fortgeschrittener Zersetzung erhöht das Aussterberisiko xylobionter Arten (Monnerat et al. 2016, Gossner et al. 2013, Seibold et al. 2015; Kap. 4.8). Ohne besondere Massnahmen für ein kontinuierliches Verbleiben alter Bäume im Wald bis zu ihrem Zerfall sind viele seltene, spezialisierte Arten langfristig vom Aussterben bedroht. Ihr Verlust kann gemäss neuerer Forschung Ökosystemfunk-tionen wie Nährstoffrecycling, Bestäubung oder Bodenbil-dung stark beeinträchtigen (Burner et al. 2022, Brose und Hillebrand 2016). Folglich haben Erhaltungsmassnahmen für seltene Arten wie die Totholzanreicherung und die Förderung alter Bäume einen bisher unterschätzten Nutzen für Ökosystemleistungen.

Anreize für die Anreicherung von Totholz

Die vom Bund festgelegten minimalen Zielwerte für Totholzvolumen sind zwar grösstenteils erreicht (BAFU 2021c). Da sie für anspruchsvolle Arten jedoch nicht ausreichen (Müller und Bütler 2010), unterstützen Bund und Kantone seit 2008 etwa 30 000 Hektaren Naturwald-reservate, mehr als 6600 Hektaren Altholzinseln und etwa 20 000 Habitatbäume finanziell (Stand 2022).

In der letzten Dekade starben wegen Trockenstress vermehrt Bäume ab. Solche Extremereignisse könnten zugunsten der Biodiversität genutzt werden, denn die gesteigerte Nachfrage nach Energieholz könnte den Trend der Totholzanreicherung wieder umkehren. Die Waldbewirt-schaftung muss sicherstellen, dass genügend Bäume alt werden und den ganzen Lebenszyklus durchlaufen können. Die Herausforderung wird sein, dies zu erreichen – trotz angepeilter Intensivierung der Holznutzung und der für die Klimaanpassung vorteilhaften Reduktion der Umtriebs-zeiten. Dafür sind Anreize sowohl in Wäldern als auch in Nichtwaldlebensräumen (Alleen oder Park- und Garten-bäume am Rande von oder in Siedlungen) erforderlich.

4.6 Genetische Vielfalt

Christian Rellstab, Bruno Lauper, Felix Gugerli

- In der Schweiz wurden neue Generhaltungsgebiete ausgeschieden. Sie leisten einen Beitrag zur dynamischen Erhaltung der genetischen Ressourcen.
- Die Schweizer Waldbäume weisen dank grossen Beständen und weitreichendem Genfluss eine hohe genetische Vielfalt auf. Diese ist Bestandteil der Biodiversität und Voraussetzung dafür, dass sich Populationen an Umweltveränderungen anpassen und gegenüber Extremereignissen resilient sind.
- Die zeitliche Veränderung der genetischen Vielfalt und Anpassungsfähigkeit sollte beobachtet und untersucht werden, und die Erkenntnisse daraus sollten vermehrt in die waldbaulichen Strategien einbezogen werden.

Genetische Vielfalt der Waldbäume

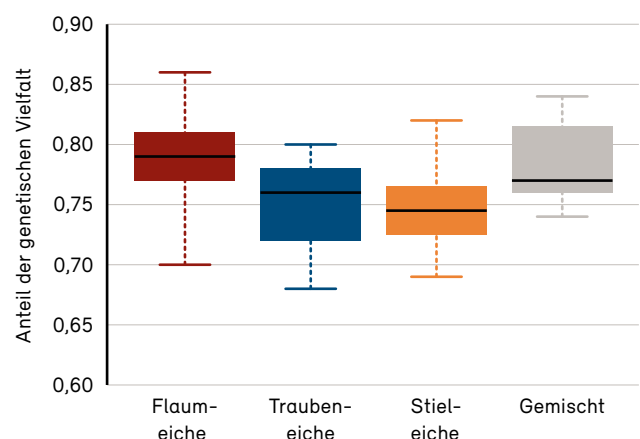
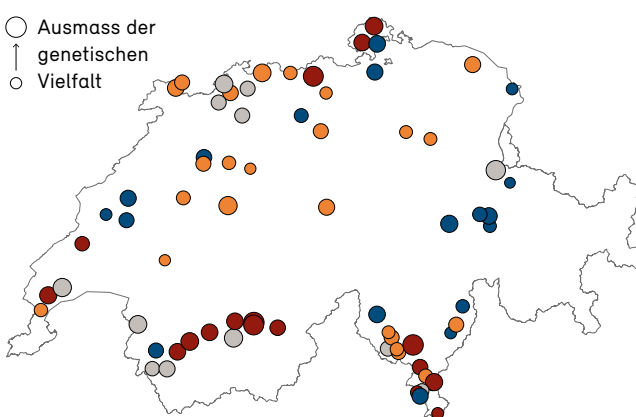
Die genetische Vielfalt gilt als Grundpfeiler der Biodiversität und ist eine Voraussetzung dafür, dass sich Arten und Populationen an sich ändernde Umweltbedingungen

anpassen können. Dadurch wird die Resilienz von Wäldern gegenüber Extremereignissen wie Dürreperioden oder Schädlingsbefall erhöht. Eine hohe genetische Vielfalt ist somit eine Voraussetzung dafür, dass der Schweizer Wald seine Funktionen auch in Zukunft erfüllen kann.

Dank grossen, naturnahen Beständen, weitreichendem Genfluss durch Pollen- und Samenausbreitung und zumeist Naturverjüngung weisen die meisten Baumarten eine grosse genetische Vielfalt auf. Ein Beispiel sind die heimischen Eichen (Trauben-, Flaum- und Stieleichen). Das Ausmass ihrer genetischen Vielfalt ist in allen Regionen der Schweiz ähnlich hoch (Rellstab et al. 2016; Abb. 4.6.1a). Durchmischung durch natürliche Kreuzungen und Rückkreuzungen über viele Generationen hinweg erhöhen die Vielfalt in diesem Artenkomplex. So haben Flaumeichen, die sich häufig mit Traubeneichen kreuzen, eine höhere genetische Vielfalt als reine Bestände von Traubeneichen oder Stieleichen (Abb. 4.6.1b).

Abbildung 4.6.1

a) Genetische Vielfalt von 71 Eichenbeständen, gemessen mithilfe der Heterozygotie (durchschnittlicher Anteil Individuen mit unterschiedlichen Genvarianten an einer bestimmten Stelle im Erbgut). Die Grösse der Kreise entspricht dem Ausmass der genetischen Vielfalt und die Farben den Eichenarten. b) Der Boxplot fasst die Heterozygotie für die Bestände der gleichen Art zusammen (fetter schwarzer Strich = Median, Box = Bereich, in dem die mittleren 50 % aller Werte liegen; Antennen: maximaler bzw. minimaler Wert). Gemischte Bestände: Die dominierende Art hat einen Anteil von höchstens 80 %.



Technische Fortschritte ermöglichen es, denjenigen Teil der genetischen Vielfalt zu bestimmen, der die Anpassungsfähigkeit von Bäumen und ihren Nachkommen gegenüber lokalen Umweltbedingungen beeinflusst (Gugerli et al. 2016). Untersuchungen an Arvenbeständen haben z. B. gezeigt, dass die Veränderung der anpassungsrelevanten Vielfalt kaum mit den schnellen Klimaveränderungen mithalten kann (Dauphin et al. 2021). Langlebige Waldbaumarten mit langer Generationszeit sind deshalb besonders vom Klimawandel bedroht.

Schutz der genetischen Ressourcen

Als Unterzeichnungsstaat von Forest Europe und Mitglied von EUFORGEN (European Forest Genetic Resources Programme) hat sich die Schweiz international zum Schutz ihrer genetischen Ressourcen im Wald verpflichtet. Diese Ressourcen werden durch zahlreiche Massnahmen erhalten und gefördert, beispielsweise durch Naturverjüngung (Kap. 4.2) und Waldreservate (Kap. 4.9).

Seit 2016 hat die Schweiz ausserdem 74 Generhaltungsgebiete für sieben Arten ausgeschieden, darunter Bestände von Arven und Eiben, die hierzulande einen Verbreitungsschwerpunkt haben (Tab. 4.6.1). Bei Generhaltungsgebieten handelt es sich zumeist um Waldreservate, in denen die genetische Vielfalt durch natürliche Prozesse erhalten werden soll. Die ausgewählten Populationen sind autochthon, verfügen über eine Mindestbestandesgrösse und repräsentieren die Verbreitung, die unterschiedlichen Umweltbedingungen und – soweit bekannt – die genetischen Gruppen der Art (Rudow 2016). Demnächst sollen Generhaltungsgebiete für Bergahorn, Esche, Lärche, Waldföhre sowie Trauben-, Stiel- und Flaumeiche ausgeschieden werden.

In der Schweiz gibt es für viele Baumarten Samenerntebestände, also Waldbestände, in denen Saatgut für die Nachzucht von Jungbäumen gewonnen wird. Die Samenerntebestände wurden nach Kriterien wie Wuchsleistung oder Wuchsform der Mutterbäume ausgewählt. Diese Kriterien schränken in Kombination mit der gängigen

Praxis, nur wenige Mutterbäume zu beernten, die genetische Vielfalt in Pflanzungen ein. Um die genetische Vielfalt des Pflanzmaterials zu erhöhen, sind Richtlinien für die Samenerntepraxis hinsichtlich minimaler Anzahl Mutterbäume und Samen pro Mutterbaum notwendig. Zusätzlich könnte die Samenernte in Zukunft auf Generhaltungsgebiete erweitert werden.

Strategien für den Umgang mit dem Klimawandel

Der Klimawandel ist Realität, und der Schweizer Wald wird noch lange davon betroffen sein. Die Geschwindigkeit, mit der das Klima wärmer und phasenweise trockener wird, könnte insbesondere langlebige Waldbäume vor Probleme stellen. Als Individuen können erwachsene Bäume zwar auf veränderte Umweltbedingungen reagieren (Plastizität), aber die genetische Zusammensetzung der Bestände ändert sich nur langsam. Neben der Förderung einer hohen genetischen Vielfalt der Bestände können gezielt genetische Varianten gefördert werden, deren Träger an wärmere und trockenere Bedingungen angepasst sind. Genetische Analysen helfen, die genetische Vielfalt zu quantifizieren und den Grad der genetischen Angepasstheit einer Art abzuschätzen. Sie sollten vermehrt in die Entwicklung von waldbaulichen Strategien einbezogen werden.

Tabelle 4.6.1

Generhaltungsgebiete in der Schweiz. Manche Flächen enthalten Generhaltungsgebiete für mehrere Arten.

Art	Anzahl Generhaltungsgebiete	Anzahl involvierter Kantone	Fläche (ha)
Arve	10	6	3122
Buche	13	12	7364
Eibe	10	10	1989
Elsbeere	9	8	1363
Fichte	14	11	11 137
Schwarzpappel	5	5	912
Weisstanne	13	11	7119
Total	62	20	23 901

Quelle: Nationaler Generhaltungsgebiete-Kataster (NGK), Stand: 31.10.2022

4.7 Wald in der Landschaft

Christian Ginzler, Matthias Bürgi, Bruno Lauper

- Die Waldflächen in den Alpen und auf der Alpensüdseite nehmen weiter zu, und kleine Waldflächen in diesen Regionen wachsen zusammen. Allerdings hat sich der Zuwachs verlangsamt. Im Mittelland ist die Waldfläche und -verteilung stabil.
- In Lagen von 600 bis 1400 m ü. M. weisen 80 % der offenen Flächen kleine Strukturelemente wie Einzelbäume und Hecken auf. In tieferen Lagen ist hingegen mehr als ein Drittel der Landschaft ausgeräumt.
- Die Herausforderung in den nächsten Jahrzehnten wird sein, die Waldflächen durch Baumgruppen und Einzelbäume im Offenland aufzuwerten sowie die Lebensräume besser zu vernetzen.

Veränderungen bei den Waldmustern

Annähernd ein Drittel der Schweiz ist mit Wald bedeckt. Das Flächenmuster des Waldes aus der Anzahl der Waldstücke und deren Verteilung hat sich verändert. Die Arealstatistik zeigt, dass seit den 1980er-Jahren grossflächige Waldgebiete zugenommen haben, wobei die Veränderungen je nach Region unterschiedlich waren. Im Mittelland sind aufgrund der intensiven Landnutzung und der hohen Flächennachfrage sowohl die Fläche als auch die Verteilung der Wälder sehr stabil geblieben. Hingegen sind die Wälder der Alpen und der Alpensüdseite an- und zusammengewachsen. Grund für die Waldausdehnung und das Einwachsen von Freiflächen in höher gelegenen Arealen ist das Aufgeben der landwirtschaftlichen Nutzung.

Das Landschaftsbild wird nicht nur vom Anteil und von der Verteilung der Wälder, sondern ebenso sehr durch die Gehölze ausserhalb des Waldareals geprägt (Abb. 4.7.1). Strukturreiche Flächen mit Feldgehölzen (Baumgruppen und Hecken) und Gebüschern schliessen sich oft ans Waldareal an und sind sowohl ökologisch als auch landschaftsästhetisch von hohem Wert. Ergebnisse aus der Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES) zeigen, dass diese Übergangszonen seit 1985 tendenziell abnehmen und der Abstand zwischen Wald und Siedlungen durch die Ausdehnung der Siedlungen immer geringer wird (BAFU/WSL 2022).

Abbildung 4.7.1

Grosse Teile der offenen Landschaft sind wie hier bei Bärschwil (SO) mit Gehölzelementen durchsetzt und somit gut vernetzt. Foto: Simon Speich



Wald und Bäume als Teil der ökologischen Infrastruktur

Gehölzelemente in der Landschaft sind wesentliche Elemente der ökologischen Infrastruktur. Diese Kleinstrukturen, wie Einzelbäume, Baumreihen und Waldränder, funktionieren als Trittsteine für die Vernetzung in der Landschaft. Analysen aus dem Topografischen Landschaftsmodell Schweiz (TLM) zeigen, dass in der Schweiz viele Gebiete gut mit solchen Elementen ausgestattet sind (Swisstopo 2023). So weisen 80 % der offenen Flächen in den Lagen zwischen 600 und 1400 m ü. M. Gehölzelemente auf. Über 1400 m ü. M. ist die Bedeutung der Gehölze für eine funktionelle Vernetzung kleiner. In Lagen unter 600 m ü. M. mit intensiverer Landwirtschaft sind hingegen mehr als ein Drittel der Flächen ausgeräumt. Hier besteht Potenzial für strukturelle Aufwertungen.

4.8 Gefährdete Arten

Andrin Gross, Silvia Stofer, Timothy Thrippleton

- Rote Listen bilden die Basis für die Beurteilung der Gefährdungssituation der Waldarten. Sie zeigen eine stabile bis leicht positive Entwicklung der Anzahl gefährdeter Waldarten.
- Der Wald in der Schweiz ist sehr artenreich und beherbergt eine grosse Anzahl von seltenen und gefährdeten Arten.
- Eine gezielte Überwachung seltener Arten mit Monitoringprogrammen ist vor dem Hintergrund künftiger Herausforderungen wie des Klimawandels oder der Energieversorgung von zentraler Bedeutung, um negative Entwicklungen frühzeitig zu erkennen.

Grundlagen für den Artenschutz im Wald

In der letzten Dekade lieferten neue und revidierte Rote Listen wichtige Grundlagen für die Artenförderung im Wald. Die Synthese der bisher publizierten Roten Listen der Schweiz zeigt exemplarisch für die Pflanzen, dass der Anteil gefährdeter Arten im Wald im Vergleich mit anderen Lebensräumen mit rund 13 % relativ klein ist (BAFU und InfoSpecies 2023). Doch da der Wald in der Schweiz sehr artenreich ist, beherbergt er in absoluten Zahlen die meisten gefährdeten Arten (Gubler et al. 2020). Auf der Roten Liste als gefährdet eingestuft sind 41 % der Waldgesellschaften (Delarze et al. 2016), darunter vor allem Waldgesellschaften in feuchten und lichten Waldgebieten. Während feuchte Wälder wegen Meliorationen und Entwässerungen abgenommen haben, wurden lichte Waldstrukturen aus anderen Gründen dezimiert: das Aufgeben der Nutzung z. B. als Waldweiden, der Wechsel in eine Hochwaldbewirtschaftung, der Anstieg der Holzvorräte aufgrund geringerer Nutzung, überhöhte Stickstoffeinträge oder auch die Unterdrückung von lichten Pionierphasen und offenen Zerfallsphasen.

Ein besorgniserregendes Bild der Gefährdungssituation zeichnete die erste Rote Liste der Prachtkäfer, Bockkäfer, Rosenkäfer und Schröter (Monnerat et al. 2016). Mit 118 von 256 überwiegend holzbewohnenden Käferarten ist fast die Hälfte dieser Arten gefährdet. Als potenziell gefährdet gelten 47 Arten (18 %). Dabei sind die Arten, die beurteilt wurden, nur ein kleiner Teil der insgesamt rund 1700 auf Totholz angewiesenen Käferarten (Lachat et al. 2019).

Für die Biodiversität im Wald ist das Totholz von grosser Bedeutung (Kap. 4.5). Nicht weniger als ein Drittel aller Waldarten ist davon abhängig, darunter insbesondere Käfer sowie rund 2700 Pilzarten (Lachat et al. 2019), aber auch Vögel, Fledermäuse, Amphibien sowie Moose und Flechten. Viele der gefährdeten Arten stellen spezifische Ansprüche an die Qualität des Totholzes bezüglich der Wirtspflanze, des Abbaustadiums oder der Lage des Totholzes (aufrecht oder liegend). Ein Beispiel ist der vom Aussterben bedrohte Grosse Eichenbock (*Cerambyx cerdo*) (Abb. 4.8.1). Dieser Käfer benötigt sehr alte Eichen mit absterbendem und totem Holz. Solche sind in Wirtschaftswäldern oft nicht in ausreichender Menge vorhanden (BAFU und InfoSpecies 2023). Neben in manchen Regionen bestehenden Defiziten beim Totholz beeinflussen auch zu kleine Flächen spezieller Waldgesellschaften und lichter sowie altholzreicher Bestände die Artenvielfalt negativ.

Abbildung 4.8.1

Der Grosse Eichenbock gilt in der Schweiz als vom Aussterben bedroht. Er lebt auf sehr alten Eichen, die in Wirtschaftswäldern kaum vorhanden sind. Foto: Beat Wermelinger



Neue Gefährdungsfaktoren

Wie sich die Gefährdungssituation in der letzten Dekade entwickelt hat, ist anhand der verfügbaren Daten schwierig zu beurteilen. Das Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM) zeigt für die Waldarten der Schnecken, Moose und Gefässpflanzen zwar eine leicht positive Entwicklung (Birrer et al. 2022; Kap. 4.1). Eine Aussage über gefährdete Arten lässt sich daraus jedoch nicht ableiten. Für Moose, Pflanzen und Vögel sind revidierte Rote Listen erschienen (Knaus et al. 2021, Bornand et al. 2016). In diesen sind bei den Vögeln und Gefässpflanzen nur geringfügige Änderungen festgestellt worden. Die Entwicklung bei den Moosen zeigt einen positiven Trend, der jedoch wegen methodischer Unsicherheiten noch nicht bestätigt ist.

Am stärksten bedrohen die Entwicklungen bei der Energieversorgung (Lachat et al. 2019) und der Klimawandel (Pluess et al. 2016) die Biodiversität. So könnte sich die steigende Nachfrage nach der Ressource Holz für die Energiegewinnung (Kap. 6.7) negativ auf das Alt- und Totholzangebot im Wald auswirken. Die integrative Förderung von Totholz im naturnahen Waldbau ist also von zentraler Bedeutung für die Biodiversität (Kap. 4.5). Der Klimawandel wiederum hat häufigere Extremereignisse wie Trockenheit oder Stürme zur Folge und erhöht die Anzahl Störungen im Wald (Kap. 2.5). Diese können sich zwar positiv auf die Biodiversität auswirken, etwa wenn sie ein Mosaik von unterschiedlichen Sukzessionsstadien auf Störungsflächen schaffen und so die Vielfalt der Lebensräume erhöhen. Doch beeinträchtigt der Klimawandel zunehmend die Lebensgrundlagen vieler Arten und erhöht die Aussterbewahrscheinlichkeit gefährdeter Arten zusätzlich (IPBES 2019b). Vor diesem Hintergrund werden Monitoringprogramme wie das LFI, das Biodiversitätsmonitoring oder das Monitoring der Struktur- und Artenvielfalt in Naturwaldreservaten der Schweiz immer wichtiger. Sie helfen, die Entwicklung der Biodiversität im Wald zu überwachen, und dienen so als Frühwarnsystem für negative Trends.

Fördermassnahmen und Monitoring

Ein naturnaher Waldbau (Kap. 4.3), die Ausscheidung von Waldreservaten (Kap. 4.9) und weitere spezifische Massnahmen können die Biodiversität im Wald gezielt fördern. Seit 2008 stehen dafür im Rahmen der Programmvereinbarungen zwischen Bund und Kantonen Fördermittel

bereit (Stadler und de Sassi 2021). Wirkungskontrollen belegen einen deutlichen Effekt dieser Massnahmen, besonders für seltene Arten in lichten Wäldern und für Totholzkäfer (Bühler und Roth 2021). Im Kanton Genf etwa konnten Baumpilze wie der stark gefährdete Orangerote Dachpilz (*Pluteus aurantiorugosus*) (Abb. 4.8.2) mit dem Aufstellen von Baumstämmen gefördert werden (BAFU und InfoSpecies 2023). Auch der Aktionsplan Lichter Wald von InfoSpecies ist ein wesentlicher Schritt zur Förderung gefährdeter Arten (Imesch et al. 2020). Er enthält ein Onlinetool, das sowohl die kantonalen Verantwortlichen für Waldbiodiversität wie auch die Forstdienste bei der Naturschutzplanung und -umsetzung im Wald unterstützt. Durch kantonale Planungen für die räumliche Festlegung der Schutz- und Vernetzungsgebiete (BAFU 2021a) wurde ein weiteres Instrument geschaffen, um die Biodiversität langfristig zu erhalten.

Über das virtuelle Datenzentrum steht den Kantonen zudem eine flächendeckende Analyse des Ist- und Sollzustands der Lebensräume zur Verfügung. Diese neuen Planungsgrundlagen tragen zu einer erfolgreichen und effektiven Naturschutzplanung in den Kantonen bei.

Abbildung 4.8.2

Der Orangerote Dachpilz lebt auf morschen Laubholzstämmen in Auenwäldern. Im Kanton Genf konnte er mit dem Aufstellen von Baumstämmen gefördert werden. Foto: Julia Jenzer



4.9 Waldreservate

Martina Hobi, Harald Bugmann, Martin Gossner, Thibault Lachat, Bruno Lauper

- Im Jahr 2022 erreichte der Anteil der Waldreservate an der gesamten Waldfläche 7,3 %. Damit war das walddpolitische Ziel von 10 % Reservatfläche, die bis 2030 errichtet werden sollen, schon beinahe zu drei Vierteln erreicht.
- Naturwaldreservate wirken sich positiv auf die Anzahl und Verbreitung totholzabhängiger Arten aus. Die Anzahl gefährdeter Pilzarten ist in Reservaten höher als in bewirtschafteten Wäldern.
- Bei der Ausscheidung von Waldreservaten sollen in Zukunft die kantonalen Planungen für die Förderung von National Prioritären Arten und Lebensräumen sowie eine besser vernetzte räumliche Verteilung der Flächen noch stärker berücksichtigt werden.

Stand der Waldreservatspolitik

Bund und Kantone haben sich mit den Leitsätzen der Waldreservatspolitik 2001 und mit der Waldpolitik 2020 qualitative und quantitative Ziele für die Ausscheidung von Waldreservaten gesetzt und entschädigen die Waldeigentümerinnen und -eigentümer für dieses öffentliche Gut. In der Schweiz werden zwei Typen von Waldreservaten unterschieden: Naturwaldreservate (NWR), in denen auf die Waldbewirtschaftung gänzlich verzichtet wird, und Sonderwaldreservate (SWR), in denen mit gezielten Eingriffen Lebensräume für ausgewählte Tier- und Pflanzenarten geschaffen und spezifisch gefördert werden. Beide Reservatstypen dienen der Biodiversitätsförderung. Die NWR ermöglichen zusätzlich den Schutz der natürlichen ökologischen Prozesse. Bund und Kantone beabsichtigen, bis ins Jahr 2030 10 % der Waldfläche als Reservate auszuscheiden, wobei je 5 % als NWR und als SWR ausgewiesen werden sollen. Im Jahr 2022 entfielen gemäss Erhebungen des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) 4,16 % der landesweiten Waldfläche auf NWR und 3,18 % auf SWR (BAFU NFA-Controlling). Insgesamt belief sich der Anteil der Waldreservate damit auf rund 7,3 %. Noch vor zwanzig Jahren machten die Waldreservate nur rund 2,5 % der Waldfläche aus. Diesbezüglich war die Waldreservatspolitik von Bund und Kantonen bisher sehr effektiv, wobei sich der Anteil von Region zu Region unterscheidet (Abb. 4.9.1). So herrscht im Mittelland ein grösseres Defizit an geschützten Waldflächen als im Jura, in den Voralpen und in den Alpen.

Während die quantitativen Ziele der Waldreservatspolitik bis 2030 erreichbar sind, sind die Herausforderungen für das Erreichen der qualitativen Ziele grösser. Zwar sind die häufigen Waldgesellschaften gemessen an ihren Flächenanteilen in Waldreservaten im Vergleich zu ihrem landesweiten Gesamtvorkommen gut repräsentiert. Bei den besonders schützenswerten National Prioritären Lebensräumen – insbesondere bei den feuchten Standorten – weisen die Reservate aber noch erhebliche Defizite auf (Steiger 2014). Die Förderung von National Prioritären Arten hingegen verbuchte mit der Ausscheidung von SWR für das Auerhuhn und den Mittelspecht Erfolge. Beide Arten gelten als Schirmarten, von deren Schutz viele andere Tier- und Pflanzenarten in demselben Lebensraum profitieren.

Auch bezüglich der Grösse der Waldreservate wurden in der letzten Dekade deutliche Fortschritte erreicht. Mit 39 ausgeschiedenen Grossreservaten im Jahr 2022 wurde das ursprüngliche Ziel von mindestens 30 grossen Waldreservaten mit einer Fläche von über 500 Hektaren bereits übertroffen. Allerdings sind auch hier grosse regionale Unterschiede zu verzeichnen. Vor allem im Mittelland ist es schwieriger, grosse Reservate zu schaffen, weil die Waldflächen tendenziell stärker fragmentiert sind und die Holznutzung aufgrund der besseren Erschliessung attraktiver ist. Die meisten Grossreservate liegen in den gebirgigen und schwer zugänglichen Regionen. Mit der Gründung des Naturerlebnisparks Sihlwald im Kanton Zürich und des Parc du Jorat im Kanton Waadt konnten dennoch auch im Mittelland wichtige Erfolge verbucht werden. Mit einer Grösse von durchschnittlich 43 Hektaren sind die meisten Reservate jedoch relativ klein. Wichtig ist eine Mischung von kleinen und grossen Reservaten: Kleine Reservate repräsentieren die Vielfalt der Lebensräume. Grosse Reservate hingegen ermöglichen eine natürliche Waldentwicklung sowie Fördermassnahmen auf Landschaftsebene. Zudem funktionieren Waldreservate als ökologische Kerngebiete, die für die landesweite Vernetzung von Lebensräumen entscheidend sind.

Erkenntnisse aus Naturwaldreservaten

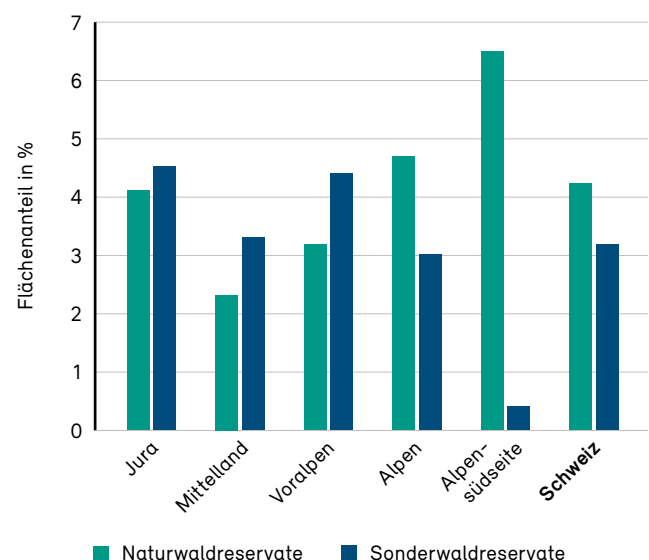
Die langjährige Beobachtung der Naturwaldreservate fördert das Verständnis für die natürliche Entwicklung des Waldes ohne anthropogene Einflüsse (Abb. 4.9.2). Seit Beginn der Beobachtungen in den 1950er-Jahren haben der Vorrat an lebenden Bäumen und die Menge des stehenden Totholzes sowie die Anzahl Habitatbäume in den meisten NWR stark zugenommen (Kap. 4.5). Die unter Schutz gestellten Wälder entwickeln sich Richtung Naturwald. Auch die Gesamtmenge des gespeicherten Kohlenstoffs nimmt in NWR weiter zu. So profitieren alt- und totholzabhängige Arten (Roth in prep.). Die Artenvielfalt von holzbewohnenden Käfern und Pilzen ist hier höher als in nahe gelegenen bewirtschafteten Buchenwäldern. Die Habitatqualität für holzbewohnende Arten verbessert sich, je länger NWR nicht bewirtschaftet oder genutzt werden. Auch ist die Vielfalt verschiedener Artengemeinschaften höher als in bewirtschafteten Wäldern. So wurden in den NWR mehr gefährdete Pilzarten beobachtet.

Fördermassnahmen in Sonderwaldreservaten

Sonderwaldreservate zeichnen sich durch waldbauliche Eingriffe zur Biodiversitätsförderung aus. In den SWR sollen auch historische Bewirtschaftungsformen wie Mittelwälder, Wytweiden oder Selven erhalten und gefördert werden. Viele lichtliebende und wärmesuchende Arten sind auf solche lichten Wälder angewiesen. Die Lebensbedingungen dieser Arten haben sich in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts stark verschlechtert (Imesch et al. 2020). In SWR können durch die Auflichtung von Föhrenwäldern verschiedene Schmetterlings-, Reptilien- und Orchideenarten gefördert werden, in Nadelwäldern des Alpenraums können offene Strukturen wie Lichtungen gezielt gepflegt werden, die z. B. für das Gedeihen von Raufusshühnern wichtig sind. So wurden seit 2015 mehrere tausend Hektaren SWR für Auerhühner eingerichtet. In SWR können zudem Generhaltungsgebiete für ausgewählte einheimische Nebenbaumarten eingerichtet werden, deren Schutz gezielte waldbauliche Eingriffe bedingt (Kap. 4.6).

Abbildung 4.9.1

Flächenanteil von Naturwald- und Sonderwaldreservaten in den 5 Produktionsregionen und in der ganzen Schweiz, 2022.



Quelle: BAFU, abgeändert nach Impuls 2023

Abbildung 4.9.2

Naturwaldreservat Scatlè bei Brigels (GR) mit reichlich Totholz und natürlicher Verjüngung. Foto: Gilbert Projer, WSL



4.10 Brutvögel des Waldes

Alex Grendelmeier, Kurt Bollmann, Pierre Mollet, Timothy Thrippleton

- In der letzten Dekade haben sich die Bestände der meisten Waldvogelarten positiv entwickelt.
- Einzelne Arten wie der Waldlaubsänger und der Grauspecht, die sich auf spezifische Habitate spezialisiert haben, sind jedoch seltener geworden. Dies weist auf ein Lebensraumdefizit hin.
- Die Intensivierung der Bewirtschaftung mit kürzeren Umtriebszeiten und der zunehmende Energieholzbedarf können die positive Entwicklung gefährden.

Bestände der Waldvogelarten

Die Bestandeszahlen der Vögel werden in Umweltmonitorings als Indikator für den Zustand und die Entwicklung der Biodiversität verwendet. Denn Vögel sind weit verbreitet, können gut erfasst werden und reagieren stark auf Umweltveränderungen.

Basierend auf der Bestandesentwicklung der einzelnen Brutvogelarten berechnet die Schweizerische Vogelwarte den Swiss Bird Index SBI® (Knaus et al. 2022). Der Teilindex SBI® Wald fasst die Trends von 56 einheimischen Waldvogelarten zusammen. Berücksichtigt werden darin sämtliche Arten, die sich mehrheitlich im Wald fortpflanzen und die seit 1990 mindestens einmal in neun von zehn aufeinanderfolgenden Jahren in der Schweiz gebrütet haben.

Der SBI® Wald zeigt, dass sich die Bestände der Waldvogelarten seit 1990 und insbesondere in der letzten Dekade positiv entwickelt haben (Abb. 4.10.1). Neben Generalisten wie der Kohlmeise, die nicht auf einen bestimmten Lebensraum spezialisiert ist, weisen alle Spechtarten ausser dem Grauspecht (*Picus canus*) positive Trends auf. Von den Höhlen der Spechte profitieren andere Höhlenbrüter wie die Hohltaube (*Columba oenas*) oder der Sperlingskauz (*Glaucidium passerinum*).

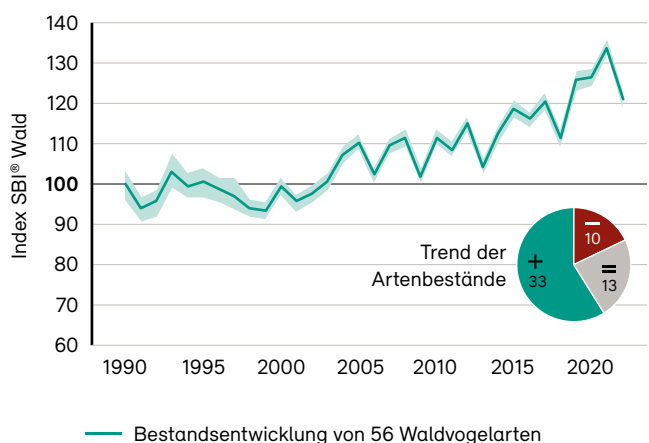
Aus dem SBI® Wald lassen sich zwar keine Rückschlüsse auf die Entwicklung von gefährdeten Brutvogelarten ziehen. Trotzdem gibt es auch im Wald einzelne Vogelarten mit abnehmenden Beständen, was auf Lebensraumdefizite

hinweist. Das Auerhuhn (*Tetrao urogallus*) etwa benötigt störungsfreie, lichte Nadelwaldbestände, während der Waldlaubsänger (*Phylloscopus sibilatrix*) alte, geschlossene Laubwaldbestände mit geringer Strauchschicht bevorzugt. Vielfältige oder traditionelle Bewirtschaftungssysteme wie z. B. Wytweiden in Kombination mit Waldreservaten führen zu einer höheren Artenvielfalt.

Die positive Bestandesentwicklung vieler Waldvogelarten ist Resultat der in den letzten Jahren eher extensiven Waldbewirtschaftung, der Zunahme von Waldreservaten und der Förderung von Alt- und Totholz im bewirtschafteten Wald. Der zunehmende Bedarf an Bau- und Energieholz sowie eine Verkürzung der Umtriebszeiten gefährden die aktuell erfreuliche Bestandesentwicklung vieler Arten.

Abbildung 4.10.1

Mittlere Bestandesentwicklung von 56 Waldvogelarten gemäss SBI® Wald (grüne Linie; grüne Fläche = 95%-Vertrauensintervall). Lesebeispiel: Ein Wert von 120 bedeutet, dass der Bestand im entsprechenden Jahr 20 % über dem Wert von 1990 liegt. Das Kuchendiagramm zeigt die Anzahl der Arten mit Zunahmen (33 Arten) und Abnahmen (10 Arten) sowie der Arten ohne klaren Trend (13 Arten).



Quelle: Schweizerische Vogelwarte 2023

5

Schutzwald

Im Gebirge ist die Schutzfunktion des Waldes für Menschen und Infrastrukturen unerlässlich: Schutzwald bei Vals (GR).

Foto: jackmalipan iStock







5 Schutzwald

Barbara Allgaier Leuch, Peter Bebi, Benjamin Lange, Stéphane Losey

In der Schweiz schützen 44 % des Waldes Menschen und Infrastrukturen vor gravitativen Naturgefahren wie Steinschlag, Lawinen und Murgängen. In der letzten Dekade sind die Schutzwälder dichter geworden, was für die momentane Schutzwirkung günstig ist. Allerdings wurden die Wälder dadurch auch dunkler. Wegen Lichtmangels und des hohen Wildverbisses fehlt deswegen zunehmend die Verjüngung. Dadurch ist die Schutzwirkung vielerorts nicht dauerhaft gewährleistet, und nach einer Störung dauert es länger, bis sie wiederhergestellt ist. Mit gezielten Verjüngungseingriffen und einem angepassten Wildtiermanagement kann dem entgegengewirkt werden, indem eine höhere Baumartenvielfalt erreicht wird, die den Schutz vor Naturgefahren auch unter verändertem Klima sicherstellt. Darüber hinaus schützen Wälder das Grundwasser als wichtigen Trinkwasserlieferanten vor Verunreinigungen. Grundwasser aus Waldgebieten enthält meist so wenig Schadstoffe, dass es ohne Aufbereitung als Trinkwasser genutzt werden kann. An einigen Orten überschreitet die Nitratkonzentration jedoch auch im Grundwasser von Waldgebieten den Grenzwert von 25 Milligramm pro Liter. Um die Nitratkonzentration im Grundwasser und damit im Trinkwasser zu senken, ist die Reduktion der Stickstoffeinträge aus der Luft erforderlich.

5.1 Schutz vor Naturgefahren

Peter Bebi, Benjamin Lange, Barbara Allgaier Leuch, Stéphane Losey

- In der letzten Dekade hat der Anteil des Schutzwaldes mit wenig Verjüngung erneut zugenommen, weil die Schutzwälder dichter geworden sind und der Verbiss durch Schalenwild auf hohem Niveau verharrte.
- 44 % des Schweizer Waldes sind gemäss Landesforstinventar Schutzwald. Er schützt Menschen und Sachwerte vor Naturgefahren wie Rutschungen, Lawinen, Steinschlag oder Murgängen.
- Die zunehmenden Störungen aufgrund des Klimawandels werden die Schutzwirkung des Waldes gebietsweise mindern. Um solche Beeinträchtigungen möglichst gering zu halten, muss die Resilienz der Schutzwälder erhöht werden.

Definition und Ausdehnung des Schutzwaldes

Rutschungen, Lawinen, Steinschlag oder Gerinneprozesse wie Murgänge oder Übersarungen sind Naturgefahren, die hohe Schäden an Infrastrukturen verursachen und Menschenleben kosten können. Wald, der davor schützt oder damit verbundene Risiken reduziert, gilt in der Schweiz als Schutzwald. Schutzwälder werden von den Kantonen ausgeschieden. Dabei kommen gesamtschweizerisch geltende Kriterien zur Anwendung, die im Projekt SilvaProtect-CH definiert worden sind (Losey und Wehrli 2013). Wälder, die lediglich den Wasserabfluss mindern, erfüllen die Bedingungen für Schutzwald nicht.

Im Jahr 2022 galten rund 540 000 Hektaren oder 44 % des im Landesforstinventar (LFI) definierten zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald als Schutzwald (Abegg et al. 2023). Er ist bezogen auf die Fläche die wichtigste Präventionsmassnahme bei Naturgefahren und ein zentrales Element des integralen Risikomanagements. Dank dem Wald kann vielerorts auf teure Schutzmassnahmen wie Lawinenverbauungen, Steinschlagschutznetze oder Gieschiebesammler verzichtet werden.

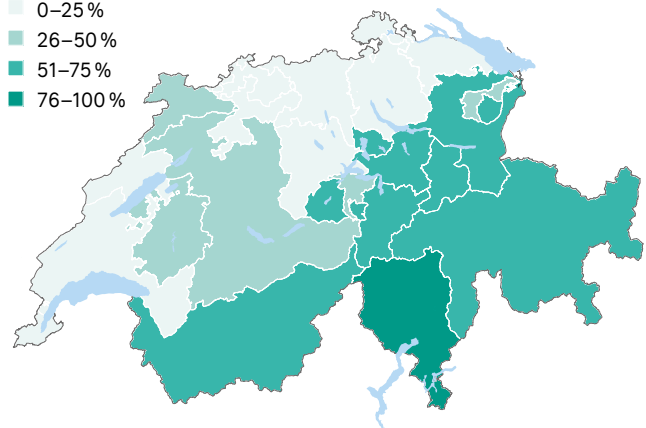
Schutzwälder sind in allen Landesgegenden ausgeschieden worden. Die höchsten Anteile liegen in den Kantonen des Alpenbogens (Abb. 5.1.1). Im Mittelland ist

Abbildung 5.1.1

Schutzwaldanteil in den Kantonen, 2022. Landesweit gelten 44 % des Waldes als Schutzwald.

Schutzwaldanteil

- 0–25 %
- 26–50 %
- 51–75 %
- 76–100 %



Quelle: LFI (Abegg et al. 2023)

der Schutzwaldanteil vergleichsweise gering. Wegen der dichten Besiedlung schützen die Wälder hier aber besonders viele Menschen und Infrastrukturen.

Schutzwirkung gegen Naturgefahren

25 % des Schutzwaldes bewahren Menschen und Infrastruktur vor flachgründigen Rutschungen, 19 % vor Lawinenanrissen, 8 % vor Steinschlägen und 85 % vor Gerinneprozessen wie Murgängen, Übersarungen oder Ufererosionen (Abegg et al. 2023). Fast 30 % des Schutzwaldes schützen vor mehreren dieser Naturgefahren gleichzeitig. Dies erklärt auch, wieso die Summe der anteilmässigen Schutzwirkungen über 100 % hinausgeht. Je nach Naturgefahr beruht die Schutzwirkung der Wälder auf unterschiedlichen Mechanismen. Gegen Rutschungen ist die Verwurzelung der Bäume entscheidend. Die Wurzeln armieren den Boden und entziehen ihm gleichzeitig Wasser. Lawinenanrisse verhindern Schutzwälder, indem sich im Bereich der Bäume keine labilen Schneeschichten aufbauen können. Bei Steinschlag bremsen die Bäume herabstürzende Brocken oder bringen sie gar zum

Stillstand. Und in Gerinneprozessen beeinflusst die Waldstruktur die Menge von Geschiebe und Schwemmholz, die in die Bäche und Flüsse gelangt.

Schutzwaldpflege

Die Effektivität eines Schutzwaldes hängt stark von seiner Struktur und seiner Entwicklungsphase ab und kann sich deshalb im Laufe der Zeit ändern. Für eine dauerhafte Schutzwirkung müssen die meisten Schutzwälder mit gezielten Massnahmen gepflegt werden, um ihre Struktur zu verbessern und sie nachhaltig zu verjüngen. Auch die Anpassung der Baumartenzusammensetzung an das sich verändernde Klima ist eine wichtige Aufgabe. Die Art und die Häufigkeit der Eingriffe richten sich nach den naturräumlichen Bedingungen, den drohenden Naturgefahren sowie dem zu schützenden Gut und hängen auch von der Entwicklungsgeschichte und dem aktuellen Zustand des jeweiligen Schutzwaldes ab.

In der letzten Dekade wurden landesweit rund 93 000 Hektaren Schutzwald gepflegt, was rund 17 % der gesamten Schutzwaldfläche entspricht (Abegg et al. 2023). Der Anteil der gepflegten Fläche variierte je nach Region. Im Mittelland wurden 41 % des ausgeschiedenen Schutzwaldes gepflegt (10 000 ha), im Jura 34 % (11 000 ha), in den Voralpen 25 % (29 000 ha), in den Alpen 17 % (40 000 ha) und auf der Alpensüdseite 3 % (3000 ha). Die Unterschiede erklären sich vor allem durch die erschwerte Zugänglichkeit der Schutzwälder auf der Alpensüdseite und in den Alpen sowie durch Unterschiede in der Wüchsigkeit. Zusätzlich wurden landesweit in rund 38 000 Hektaren Schutzwald spezifische Waldschutzmassnahmen durchgeführt (Abegg et al. 2023). So wurden z. B. vom Borkenkäfer befallene oder frisch geworfene Fichten entnommen, um die Ausbreitung des Borkenkäfers einzudämmen. In der letzten Dekade hat die Fläche, auf der solche Waldschutzmassnahmen notwendig waren, um 60 % zugenommen. Diese grosse Zunahme war die Folge von aussergewöhnlichen Trockenperioden ab 2018 und von Sturmereignissen.

Die Kosten für die Schutzwaldpflege werden von Bund, Kantonen und weiteren nutzniessenden Stellen (Gemeinden, Infrastrukturbetreibende usw.) getragen. Die zu erbringenden Leistungen, die damit verbundenen Qualitätskriterien sowie die finanziellen Rahmenbedingungen

regeln Bund und Kantone in Programmvereinbarungen, wobei sich der Bund an den Kosten der Schutzwaldpflege und der dafür nötigen Infrastruktur sowie der Waldschutzmassnahmen beteiligt.

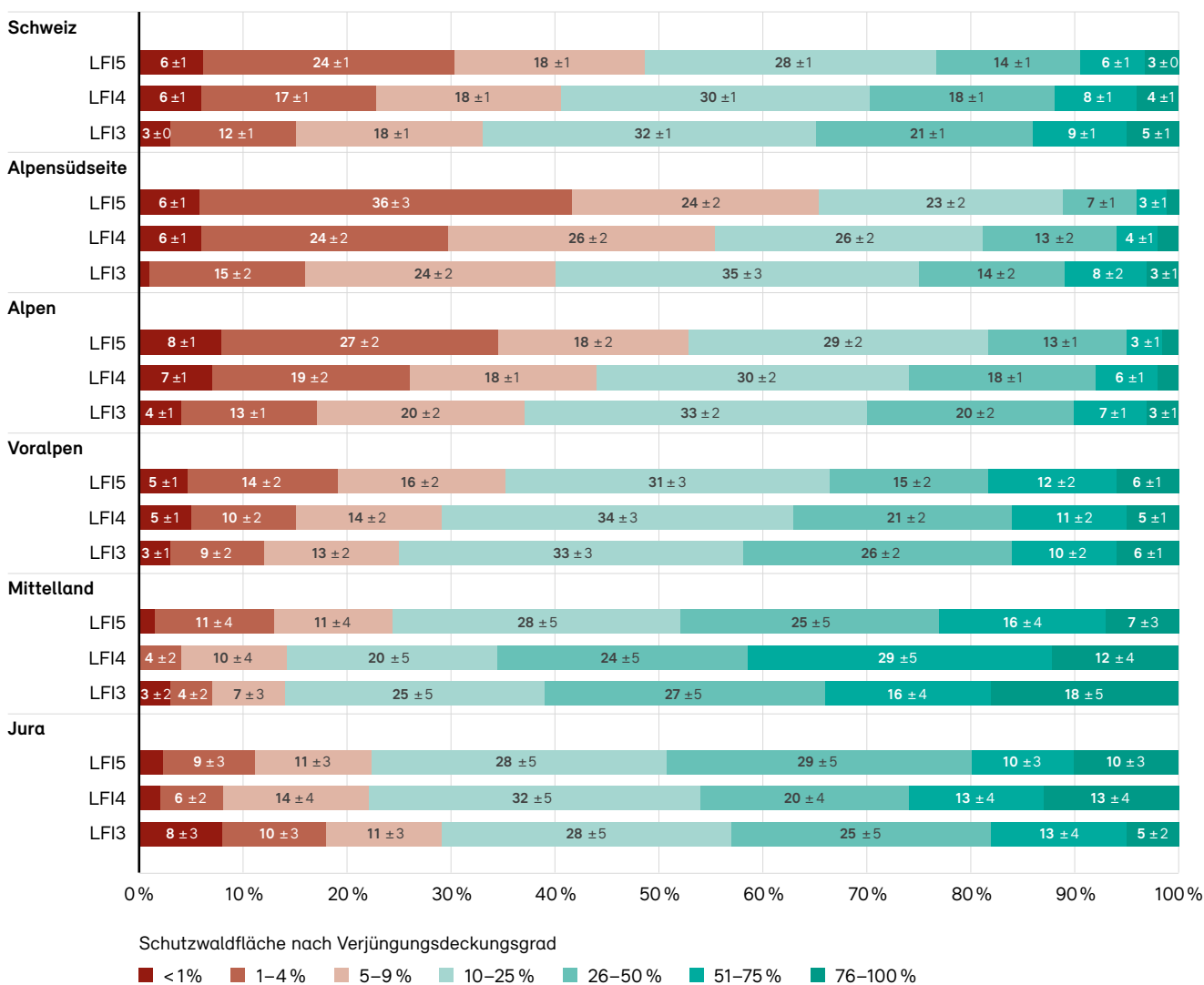
Baumartenzusammensetzung und Bestandesdichte

Die Baumartenzusammensetzung vieler Schutzwälder ist von der früheren Bewirtschaftung geprägt (Kap. 4.3). Die Fichte, die natürlicherweise hauptsächlich in höheren Lagen gedeiht, wurde bis in die 1980er-Jahre auch in tiefen und mittleren Lagen stark gefördert. Entsprechend zeigt ein Vergleich der Bestände auf den LFI-Probeflächen mit den im Projekt «Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald (NaiS)» entwickelten Waldstandorttypen (BAFU 2024, ARGE Frehner 2020), dass der Fichtenanteil im Schutzwald, insbesondere in den Buchenwäldern, in den Tannen-Buchen-Wäldern und in den Tannen-Fichten-Wäldern, höher ist als im Naturwald (Abegg et al. 2023). Fichtenlastige Wälder sind jedoch besonders anfällig für Trockenheit, Borkenkäferbefall und andere Störungen. Dies kann die Schutzwirkung gegenüber Naturgefahren schwächen. Das Risiko von Störungen mit nachfolgendem vorübergehendem Verlust der Schutzwirkung erhöht sich zusätzlich mit der Klimaerwärmung, weil durch sie auch die Baumarten, die in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet wachsen, vulnerabler werden.

In der letzten Dekade sind die Schutzwälder insgesamt dichter geworden (Abegg et al. 2023). In allen Landesteilen haben die räumigen und aufgelösten Bestände abgenommen und die Wälder mit einem Deckungsgrad von über 80 % im Luftbild zugenommen. In den Alpen und auf der Alpensüdseite sind zudem die Holzvorräte weiter angewachsen. In den Alpen haben sie um 5 % auf knapp 360 Kubikmeter pro Hektare zugenommen und auf der Alpensüdseite um 13 % auf 290 Kubikmeter pro Hektare (Abegg et al. 2023; Kap. 1.2). Diese Verdichtung widerspiegelt zwar den erfolgreichen Aufbau der Wälder und die Verbesserung der Schutzwirkung gegenüber Naturgefahren während der letzten Jahrzehnte, doch bezüglich Vielfalt der Bestandesstrukturen und der kontinuierlichen Verjüngung ist dieser Trend kritisch zu bewerten. Denn beide Faktoren sind entscheidend für eine dauerhafte Aufrechterhaltung des Schutzes und für die Anpassung der Schutzwälder an den Klimawandel, die notwendig wäre.

Abbildung 5.1.2

Anteile der Verjüngungsdeckungsgrade im Schutzwald im LFI5 (2018–2022), LFI4 (2009–2017) und LFI3 (2004–2006) in den 5 Produktionsregionen und in der ganzen Schweiz.



Quelle: LFI

Bestandesstruktur und Verjüngung

Sowohl einschichtig aufgebaute Schutzwälder als auch solche mit wenig Verjüngung sind in der letzten Dekade häufiger geworden (Abegg et al. 2023; Kap. 1.3). Landesweit sind heute fast 40 % der Schutzwälder einschichtig. Auf der Alpensüdseite ist der Anteil der einschichtigen Bestände mit 44 % höher als im Landesdurchschnitt, im Jura und im Mittelland dagegen mit 24 % bzw. 30 % deutlich tiefer. Besonders ungünstig sind einschichtige Bestände, in denen der Nachwuchs an jungen Bäumen fehlt, weil sich solche Bestände nach einer Störung nur langsam

erholen können. Insgesamt hat der Anteil von Schutzwald mit nur wenig Verjüngung (Verjüngungsdeckungsgrad unter 5 %) zugenommen. Er macht mittlerweile 30 % der gesamten Schutzwaldfläche aus (Abb. 5.1.2). Auch hier zeigen sich grosse regionale Unterschiede. So sind im Jura und im Mittelland etwa 12 % der Schutzwaldfläche verjüngungsarm, in den Voralpen 19 %, in den Alpen 34 % und auf der Alpensüdseite 41 %.

Die Ursachen für den starken Anstieg des Schutzwaldanteils mit wenig Verjüngung sind vielfältig (Kap. 4.2). Dazu zählen

insbesondere eine geringere Lichtverfügbarkeit wegen zunehmender Dichte der Wälder und der unverändert hohe Verbiss der Jungbäume durch Rehe, Hirsche und Gämsen. Die Resultate des LFI5 (2018–2022) haben ergeben, dass im Schutzwald bei 18 % der Jungbäume oder fast jedem fünften Jungbaum, der zwischen 10 cm und 129 cm hoch ist, der Gipfeltrieb im Vorjahr abgefressen wurde (Abegg et al. 2023). Auf der Alpensüdseite wurden 29 % der Jungbäume verbissen. Besonders betroffen sind mit der Tanne (31 %), dem Ahorn (24 %) und der Eiche (25 %) drei Baumarten, die als Zukunftsbaumarten im Hinblick auf die Anpassung an den Klimawandel von grosser Bedeutung sind.

Abbildung 5.1.3

Schutzwald ob Bonaduz (GR). Vielfältige Bestände mit genügend Licht, verschiedenen Baumarten und Totholz erhöhen die Resilienz des Waldes. Foto: Peter Bebi



An das Klima angepasster Schutzwald

Der rasch fortschreitende Klimawandel stellt den Schutzwald und seine Bewirtschaftung vor neue Herausforderungen. Baumarten, die im Schutzwald eine zentrale Rolle spielen, leiden zunehmend unter Hitze- und Trockenstress. Zudem erhöht der Klimawandel in Kombination mit gebietsweise steigenden Holzvorräten das Risiko von grossflächigen Störungen wie Windwurf, Borkenkäferbefall oder Waldbränden. Damit die Schutzwälder die geforderte Schutzwirkung weiterhin erbringen können, muss ihre Anpassung an das sich ändernde Klima unterstützt und ihre Resilienz erhöht werden. Mit Verjüngungsschlägen etwa lässt sich die Lichtverfügbarkeit in dichten und strukturell einförmigen Schutzwaldbeständen erhöhen und die Naturverjüngung fördern. Gleichzeitig wirkt diese Massnahme dem Trend zu einschichtigen Beständen entgegen. Bei den Eingriffen ist darauf zu achten, dass die Baumartenvielfalt allgemein und insbesondere Zukunftsbaumarten (Eiche in Buchenbeständen oder Tanne in Fichtenbeständen) gefördert werden, z. B. durch Naturverjüngung und unter Umständen auch durch Pflanzungen. Dabei ist es wichtig, die Belastung der Jungbäume durch Wildverbiss so gering zu halten, dass sie noch aufwachsen können. Störungen reduzieren die Schutzwirkung eines Waldes gebietsweise, weil dabei Bäume absterben oder sogar grosse Lücken in den Schutzwald gerissen werden. Mit der gezielten Förderung der Vorverjüngung kann die Wiederbewaldung nach Windwurf und/oder Käferbefall rascher ablaufen, weil damit Nachwuchsbaume unter dem Hauptbestand schon bereitstehen. Werden zudem stehende oder liegende tote Bäume liegen gelassen, bleibt eine Restschutzwirkung gegenüber Lawinen und Steinschlag aufrechterhalten. Diese Massnahme führt längerfristig zu einer besseren Waldverjüngung, da Moderholz ein günstiges Keimbett bildet (Abb. 5.1.3).

5.2 Trinkwasser

Barbara Allgaier Leuch, Sabine Braun, Katrin Meusburger, Simon Tresch, Miriam Reinhardt, Peter Waldner, Oliver Wolf

- Das Grundwasser aus Waldgebieten ist meist von so guter Qualität, dass es ohne weitere Aufbereitung ins Trinkwassernetz eingespeist werden kann.
- Die Nitratauswaschung aus den Waldböden hat sich in der letzten Dekade kaum verändert. Sie kann jedoch lokal hoch sein und weist auf eine übermässige Stickstoffbelastung hin.
- Um die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser und damit im Trinkwasser aus Waldgebieten zu senken, ist die Reduktion der Stickstoffeinträge aus der Luft erforderlich. Mit waldbaulichen Massnahmen, die die Resilienz der Wälder stärken, lässt sich zudem das Risiko der Nitratauswaschung nach Störungsereignissen verringern.

Weil sich der Aufbau des Waldberichts nach den Kriterien von Forest Europe für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung in Europa richtet (Forest Europe 2020), wird die Rolle des Waldes bei der Versorgung mit sauberem Trinkwasser im Kapitel Schutzwald behandelt. In der Schweiz werden Wälder, aus denen Trinkwasser gewonnen wird, nicht als Schutzwälder bezeichnet. Der Begriff Schutzwald ist für Waldflächen reserviert, die Menschen oder Sachwerte vor Naturgefahren schützen (Kap. 5.1).

Trinkwasserschutz in Waldgebieten

Jährlich werden rund eine Milliarde Kubikmeter Wasser in das Trinkwassernetz eingespeist, wovon 20 % aus Seewasser und 80 % aus Grundwasser stammen (SVGW 2023). Das Grundwasser aus bewaldeten Einzugsgebieten ist in der Regel von so guter Qualität, dass es ohne Aufbereitung als Trinkwasser genutzt werden kann (BAFU 2019b). Denn erstens ist bei der Waldbewirtschaftung die Verwendung von Düngern und Pflanzenschutzmitteln grundsätzlich verboten. Ausnahmebewilligungen gibt es nur für einzelne, klar umrissene Situationen, z. B. für die Behandlung von Rundholz auf Lagerplätzen mit Insektiziden gegen den Nutzholzborkenkäfer (Anhänge 2.5 und 2.6 der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung vom 18. Mai 2005, ChemRRV, SR 814.81). Zweitens nehmen die meist ständig dicht geschlossene Waldvegetation und der in der Regel ungestörte Waldboden einen namhaften Teil der über die Luft eingetragenen Schadstoffe auf, der so nicht ins Grundwasser gelangt.

Die Kantone sind verpflichtet, um die Grundwasserfassungen Zonen zum Schutz des Trinkwassers vor unmittelbaren Gefahren auszuscheiden (Artikel 20 des Bundesgesetzes über den Schutz der Gewässer vom 24. Januar 1991, GSchG, SR 814.20). Diese Grundwasserschutzzonen sind mit Nutzungsbeschränkungen verknüpft. Im Wald darf z. B. in den Schutzzonen S1 (Fassungszone), S2 (engere Schutzzone) und Sh (Schutzzone mit hoher Vulnerabilität) das liegende Rundholz auf Lagerplätzen nicht mit Insektiziden behandelt werden (Anhang 2.5 ChemRRV).

Gemäss einer Auswertung des Landesforstinventars (LFI) umfassten die Grundwasserschutzzonen 2022 landesweit eine Fläche von knapp 250 000 Hektaren (Abegg et al. 2023). Davon lag etwa je die Hälfte im Wald und im Offenland. Da der Wald nur etwa einen Drittel der Landesfläche ausmacht, ist der relative Anteil der Grundwasserschutzzonen im Wald mit rund 10 % seiner Gesamtfläche wesentlich höher als im Offenland (4 %). Das überrascht nicht, denn bewaldete Gebiete werden von den Unternehmen der Wasserversorgung bevorzugt, weil die Kosten für die Trinkwassergewinnung wegen der hohen Qualität des Grundwassers bedeutend tiefer sind. Allerdings können die Nutzungsbeschränkungen den Waldbewirtschaftenden Mehraufwand oder Mindererträge verursachen.

Nitratauswaschung aus den Waldböden

Wichtig für die Beurteilung der Trinkwasserqualität ist die Nitratkonzentration. Bei erhöhten Werten lassen sich gesundheitliche Risiken für den Menschen nicht ausschliessen (Rohrman et al. 2021). Trinkwasserfassungen in landwirtschaftlichen Gebieten sind meist stärker mit Nitrat belastet als in Waldgebieten. Um den Nitratgehalt zu senken, wird deshalb oft Grundwasser aus Landwirtschaftsgebieten mit solchem aus Waldgebieten gemischt. Auch im Wald können die Nitratkonzentrationen erhöht sein, vor allem bei hohen Stickstoffeinträgen aus der Luft, die zu einem grossen Teil aus der Landwirtschaft stammen (Kap. 2.1). Ist die Stickstoffbelastung übermässig hoch, wird Nitrat aus den Waldböden ausgewaschen (CLRTAP 2017b, Bobbink et al. 2022). Dies kann zu Nährstoffverlusten und

damit zu einer Versauerung des Bodens (Kap. 2.2) sowie zum Eintrag von Nitrat ins Grundwasser führen.

Die Grundwasserqualität wird vom Sickerwasser in den Waldböden beeinflusst. Langzeitmessungen von 2002 bis 2022 auf den Untersuchungsflächen der Langfristigen Waldökosystemforschung (LWF) und der Interkantonalen Walddauerbeobachtung (WDB) haben gezeigt, dass die Jahresmaxima der Nitratkonzentrationen im Sickerwasser den für Grundwasser geltenden Grenzwert von 25 Milligramm pro Liter an 69 % der Standorte und in 26 % der Proben überschritten haben (Abb. 5.2.1). Da beim Versickern die Nitratkonzentrationen durch Durchmischung und Denitrifikation ausdünnen, lagen die Maximalwerte im Grundwasser nur an ca. 2 % der Waldmessstellen der Nationalen Grundwasserbeobachtung (NAQUA) über dem Grenzwert (BAFU 2023b). Die durchschnittliche Nitratkonzentration betrug 4 bis 8 Milligramm pro Liter (BAFU 2019b, BAFU 2023b).

Zwischen den hohen Stickstoffeinträgen aus der Luft und den Nitratkonzentrationen im Sickerwasser besteht ein deutlicher Zusammenhang (Waldner et al. 2019, Braun et al. 2020a). Anfang der 2000er-Jahre waren sowohl die Stickstoffeinträge als auch die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser in Waldgebieten leicht rückläufig. Seither verharren sie auf hohem Niveau (Abb. 5.2.1; Thimonier et al. 2019). Auch die Bodeneigenschaften, die Baumartenzusammensetzung und die Art der Waldbewirtschaftung beeinflussen das Ausmass der Nitratauswaschung (Waldner et al. 2019, Braun et al. 2020a). So haben Experimente in den USA und europäischen Ländern (Hegg et al. 2004) sowie Beobachtungen in der Schweiz (Schleppi et al. 2017, Braun et al. 2020a) gezeigt, dass ein Holzschlag oder eine starke Störung des Baumbestandes (z. B. durch Windwurf oder Borkenkäferbefall) bis fünf Jahre nach dem Ereignis zu einer stark erhöhten Nitratauswaschung führen kann.

Förderung der Trinkwasserqualität

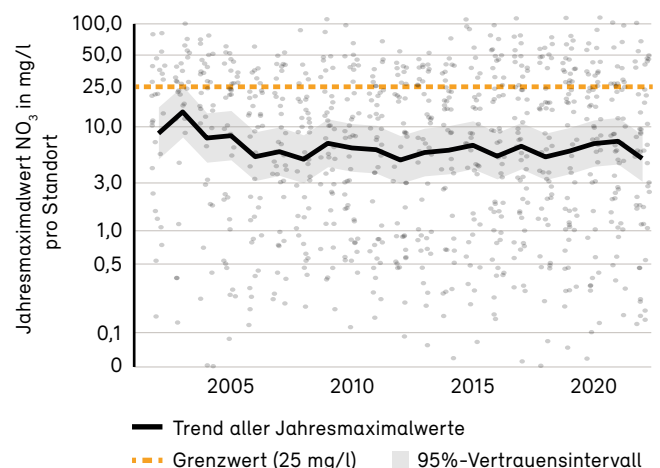
Der gesetzliche Schutz des Waldes in seiner räumlichen Ausdehnung und als naturnahe Lebensgemeinschaft beinhaltet auch den Trinkwasserschutz. Waldbewirtschaftende können mit freiwilligen Massnahmen die Qualität des Trinkwassers verbessern oder das Risiko von Verunreinigungen reduzieren, etwa indem sie den Laubholzanteil in

Waldbeständen, die unnatürlich viel Nadelholz aufweisen, erhöhen und bei der Bewirtschaftung nur biologisch abbaubare Treibstoffe und Schmiermittel verwenden (Blatter et al. 2012). Die Erbringung und Finanzierung solcher Leistungen haben einzelne Waldbesitzende mit den Unternehmen der Wasserversorgung vertraglich geregelt (Godi 2020).

Der Klimawandel stellt den Trinkwasserschutz in Waldgebieten vor neue Herausforderungen, denn er verursacht mehr Störungen, die auf Flächen mit hohem Stickstoffeintrag die Nitratauswaschung erhöhen. Die Resultate der WDB zeigen, dass auf diesen Flächen die Buchen sommerliche Trockenperioden schlechter ertragen haben (Braun et al. 2021), die Fichten eher abgestorben sind (Tresch et al. 2023) und beide Baumarten anfälliger für Stürme waren (Braun et al. 2023b). Mit der Reduktion der Stickstoffeinträge aus der Luft sowie einem Waldbau, der die Resistenz und Resilienz der Baumbestände bei Störungen stärkt und die Anpassung des Waldes an das sich verändernde Klima unterstützt, kann eine tiefe Nitratkonzentration im Sickerwasser und damit auch im Trinkwasser aus Waldgebieten gewährleistet werden.

Abbildung 5.2.1

Jahresmaxima aus den monatlichen Messungen der Nitratkonzentration im Sickerwasser auf 45 WDB-Flächen und 8 LWF-Flächen von 2002 bis 2022. Berücksichtigt ist die Nitratkonzentration der jeweils tiefsten Bodenwassermessung pro Standort.



Quelle: Simon Tresch (IAP), Katrin Meusburger (WSL)

6

Sozio- ökonomie

Wanderwege am Uetliberg (ZH): Vor allem in Stadtnähe bietet der Wald Raum zur Erholung und zum Wohlbefinden der Bevölkerung.

Foto: Roland Olschewski



Hohenspeinstrasse

47

Flüchtlingsland
Freiburg

Altliberg 30 min
Altliberg Uto Kulm 40 min

Feldenmooshau 30 min
Altstetten 55 min
Schlieren 1 h 35 min
Urdorf 1 h 35 min

Albisrieden 45 min



6 Sozioökonomie

Roland Olschewski, Clémence Dirac Ramohavelo

Die Wald- und Holzwirtschaft erbringt vielfältige Leistungen für die Ökonomie und die Bevölkerung in der Schweiz. Ebenso beeinflussen die Menschen und die Wirtschaft die Nutzung des Waldes und der Ressource Holz stark. Die steigenden Ansprüche der Bevölkerung an die privaten und öffentlichen Waldeigentümerinnen und -eigentümer und an die Multifunktionalität des Waldes haben gleichzeitig Vor- und Nachteile: Einerseits können zusätzliche Einkommensquellen erschlossen werden, beispielsweise durch Zertifikate für die Speicherung von Kohlenstoff. Andererseits können Zielkonflikte entstehen, wenn mehrere Waldleistungen gleichzeitig erbracht werden sollen, z. B. Rohholzproduktion, Erholungsmöglichkeiten und Schutz vor Naturgefahren. Erschwerend kommen die Auswirkungen des Klimawandels hinzu, die Investitionen zur Anpassung des Waldes bedingen. Auch die zunehmende Nutzung natürlicher Ressourcen im Zuge der Energiewende ist eine Herausforderung für die Waldbewirtschaftung. In dieser Situation ist eine bessere Abstimmung und Integration der Politik über die Sektorgrenzen hinweg erforderlich.

6.1 Waldeigentum

Matthias Biolley, Claire-Lise Suter Thalmann

- Von der Waldfläche gehören 71 % 3400 öffentlich-rechtlichen Waldeigentümerinnen und -eigenthümern, die durchschnittlich 265 Hektaren Wald besitzen. Die restlichen 29 % sind im Besitz von 245 000 Privaten mit durchschnittlich 1,5 Hektaren Wald.
- Für private Waldeigentümerinnen und -eigenthümer sind ideelle Werte vielfach mindestens gleich wichtig oder wichtiger als der materielle Nutzen aus der Waldbewirtschaftung.
- Die Anzahl der Forstbetriebe wird infolge von Strukturbereinigungen tendenziell abnehmen. Die durchschnittliche Grösse der verbleibenden Forstbetriebe nimmt zu.

Eigentumsverhältnisse

Der Schweizer Wald ist per Gesetz allen frei zugänglich. Deshalb ist sich die Bevölkerung oft nicht bewusst, dass jeder Wald auch Eigentum ist. Dabei teilte sich die gesamte Waldfläche im Jahr 2021 auf über 248 000 private und öffentliche Eigentümerinnen und Eigentümer auf, wovon 99 % private Waldeigentümerinnen und -eigenthümer (PWE) waren (Abb. 6.1.1; BFS 2022a). PWE besitzen überwiegend kleine Wälder mit einer Fläche von weniger als 50 Hektaren. Ihre durchschnittliche Grösse liegt bei lediglich 1,5 Hektaren.

Den übrigen rund 3400 öffentlich-rechtlichen Waldeigentümerinnen und -eigenthümern (ÖWE) gehören 71 % der Waldfläche, und sie sind für 64 % der Holznutzung verantwortlich. Ihre Flächen sind mit durchschnittlich 265 Hektaren bedeutend grösser als diejenigen der PWE. Die Eigentumsverhältnisse unterscheiden sich jedoch von Kanton zu Kanton. Im Kanton Appenzell Ausserrhoden sind 77 % des Waldes in Privateigentum, im Kanton Wallis sind es lediglich 9 %.

Gesamtschweizerisch gehören 42 % der ÖWE-Waldflächen politischen Gemeinden und 41 % Bürgergemeinden. Insgesamt verfügen diese beiden Körperschaften über eine Fläche von knapp 750 000 Hektaren Wald, was insgesamt 59 % des Schweizer Waldes entspricht (BFS 2022a). Gut 5 % der Fläche sind im Besitz von Bund und Kantonen, und knapp 7 % gehören übrigen ÖWE. Die Verteilung und die

Anzahl der Waldeigentümerinnen und -eigenthümer haben sich in der letzten Dekade kaum verändert.

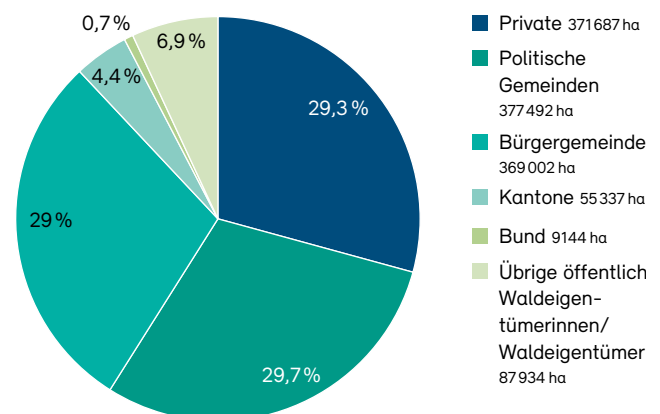
Einstellungen zum eigenen Wald

Die Eigentümerinnen und Eigentümer haben unterschiedliche Einstellungen zu ihrem Wald. In einer Studie wurde 2018 eine Typologie der privaten und öffentlichen Waldeigentümerinnen und -eigenthümer erstellt (Walker und Artho 2018). Demnach verfolgen 35 % der PWE generell keine Ziele mit ihrem Wald. 21 % der PWE fokussieren auf die Holzernte. Sie legen Wert auf einen gesunden und stabilen Wald, der Holz produziert. Diese PWE wohnen und arbeiten tendenziell in ländlichen Gebieten. Weitere Personenkreise, die als Naturschützerinnen und Naturschützer (11 %) sowie als Gemeinwohl-Orientierte (16 %) charakterisiert werden können, priorisieren die Waldpflege. Bei der Ernte steht für diese PWE Energieholz für den Eigenbedarf im Vordergrund.

ÖWE streben in erster Linie einen gesunden und stabilen Wald an (Walker und Artho 2018). Während für Korporationen die Holzproduktion im Vordergrund steht, sind für die politischen Gemeinden und Bürgergemeinden

Abbildung 6.1.1

Verteilung der Waldfläche (in % und Hektaren) der Schweiz nach Eigentümerschaftstyp, 2021.



Quelle: BFS 2022a

Leistungen wichtiger, die der Allgemeinheit zugutekommen, z. B. die Förderung der Biodiversität oder der Schutz des Trinkwassers.

Von den PWE bewirtschafteten 64 % ihren Wald in Eigenregie, 16 % überliessen ihn sich selbst. Vielfach waren ideelle Werte für PWE mindestens ebenso wichtig oder sogar wichtiger als der materielle Nutzen der Waldbewirtschaftung. Von den ÖWE bewirtschafteten 55 % ihren Wald in Eigenregie durch Mitglieder der Körperschaft oder mit eigenem Forstbetrieb. 8 % der ÖWE bewirtschafteten den Wald gar nicht (Walker und Artho 2018).

Strukturwandel bei Forstbetrieben

Im Jahr 2021 liessen 2360 Waldeigentümerinnen und -eigentümer ihre Wälder von 656 Forstbetrieben bewirtschaften, insgesamt rund 795 000 Hektaren oder 63 % der Schweizer Waldfläche (BFS 2022a). Der Begriff Forstbetrieb wurde 2015 bei der Revision der Schweizerischen Forststatistik neu definiert. Eine Bewirtschaftungseinheit gilt demnach als Forstbetrieb, wenn sie

- Besitz- oder Verfügungsrechte über die bewirtschaftete Waldfläche für mehr als 1 Jahr hat,
- eine bestimmte minimale produktive Waldfläche aufweist (Jura ≥ 200 ha, Mittelland ≥ 150 ha, Voralpen ≥ 250 ha, Alpen und Alpensüdseite ≥ 500 ha),
- eine konsolidierte Rechnung führt.

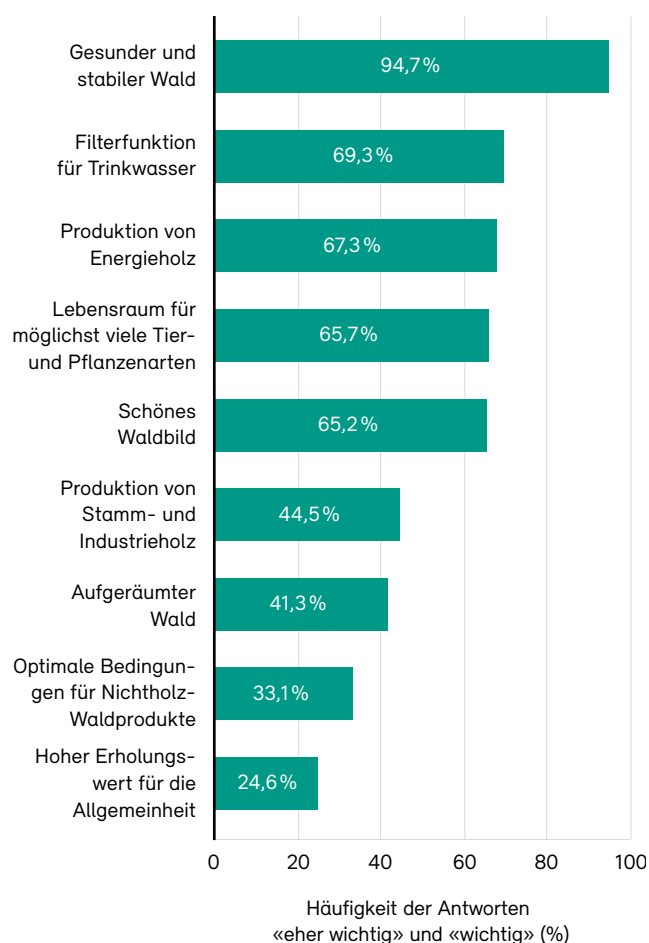
Die Mehrheit der von Forstbetrieben bewirtschafteten Wälder gehört der öffentlichen Hand. Wälder, deren Bewirtschaftung nicht von einem Forstbetrieb organisiert wird (öffentlicher und privater Kleinwald), werden meist von einem privaten Forstunternehmen bewirtschaftet.

Um auch in Zukunft ökonomisch nachhaltig arbeiten zu können, müssen sich Forstbetriebe effizienter als bisher organisieren und sich zu grösseren Bewirtschaftungseinheiten zusammenschliessen. Die Grösse der Schweizer Forstbetriebe ist in den letzten sieben Jahren um durchschnittlich 8 % angewachsen (BFS 2022a). Diese Zunahme erfolgte meist durch Fusion bestehender Forstbetriebe. Die Fläche, die insgesamt durch Forstbetriebe bewirtschaftet

wurde, hat dagegen nicht zugenommen. Auch die Strukturen bei der Bewirtschaftung von Kleinwäldern mit einer Fläche von weniger als 50 Hektaren haben sich kaum geändert. Angesichts der erforderlichen Anpassung der Wälder an den Klimawandel wäre es jedoch vorteilhaft, wenn sich Kleinwaldeigentümerinnen und -eigentümer mit grösseren und professionelleren Betriebseinheiten organisieren oder sich bestehenden Forstbetrieben anschliessen würden. Diese können die bei veränderten Bedingungen erforderlichen waldbaulichen Massnahmen fachkundiger und kostengünstiger umsetzen.

Abbildung 6.1.2

Ziele der Privatwaldeigentümerinnen und -eigentümer bei der Nutzung ihres Waldes.



Quelle: Walker und Artho 2018

6.2 Volkswirtschaftliche Bedeutung der Wald- und Holzwirtschaft

Franz Murbach

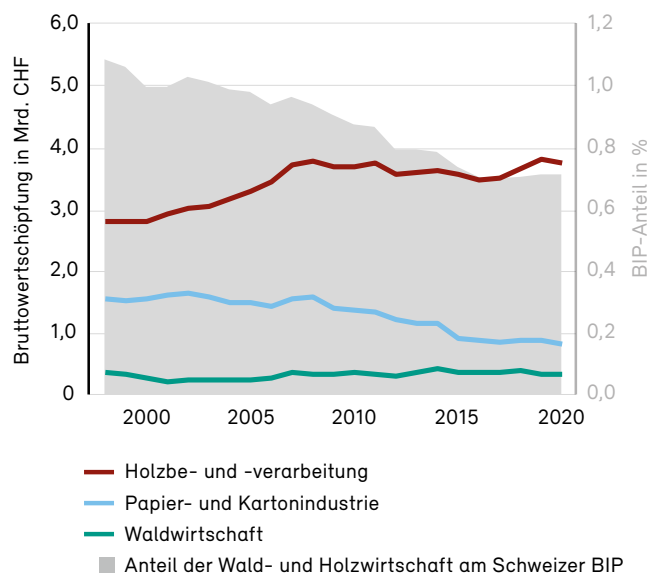
- Das Produktionsvolumen und der Produktionswert der Waldwirtschaft schwankten in der letzten Dekade. Seit 2021 sind die Holzpreise wegen Versorgungsproblemen infolge der Pandemie und der durch den Krieg in der Ukraine ausgelösten zusätzlichen Nachfrage mehrheitlich angestiegen.
- Im Jahr 2020 betrug die Bruttowertschöpfung der Wald- und Holzwirtschaft 4,9 Milliarden Franken. Dies entsprach einem Anteil von 0,7 % am Schweizer Bruttoinlandprodukt.
- Der Anteil der Waldwirtschaft an der kantonalen Wirtschaftsleistung unterscheidet sich von Kanton zu Kanton. Er wird insbesondere durch die Grösse und die Topografie der Waldfläche bestimmt.

Ökonomische Entwicklungen

Die Schweizer Wald- und Holzwirtschaft hat 2020 Waren und Dienstleistungen im Wert von 12,7 Milliarden Franken produziert und damit eine Bruttowertschöpfung von 4,9 Milliarden Franken generiert, was 0,7 % des Schweizer Bruttoinlandsprodukts entsprochen hat (BFS 2022b). Nachdem die Wertschöpfung in der Holzbe- und -verarbeitung zwischen 1998 und 2008 kontinuierlich zugenommen hat, schwankt sie seither zwischen 3,5 und 3,8 Milliarden Franken. Die Papier- und Kartonindustrie ist bis 2015 stark geschrumpft und stagniert seither (Abb. 6.2.1). Der Orkan Lothar Ende 1999 hatte ein starkes Überangebot auf dem Holzmarkt zur Folge. Seitdem ist die Bruttowertschöpfung der Waldwirtschaft angestiegen und belief sich in der letzten Dekade jährlich auf rund 0,4 Milliarden Franken. 2014, 2018 und 2021 hat sie diesen Wert jeweils übertroffen. Von 2014 bis 2020 sind die Preise für Rundholz um 12 % gesunken, wogegen die Preise für Energieholz um 4 % angestiegen sind. Von 2020 bis 2022 sind auch die Preise für Rohholz (+ 20 %) und für Schnittholz (+ 27 %) stark angestiegen (BFS 2023). Die wirtschaftliche Erholung nach der Pandemie und der Krieg in der Ukraine haben die Holzmärkte erheblich beeinflusst. Die zeitgerechte Versorgung mit Nutz- und Energieholz ist eine Herausforderung für die gesamte Holzbranche, da es aufgrund der charakteristischen Eigenheiten der Ressource Holz nicht möglich ist, just in time auf einen

Abbildung 6.2.1

Bruttowertschöpfung der Wald- und Holzwirtschaft in der Schweiz, zu laufenden Preisen, und Anteil am Schweizer Bruttoinlandprodukt.



Quellen: BFS 2022b, BFS 2022c

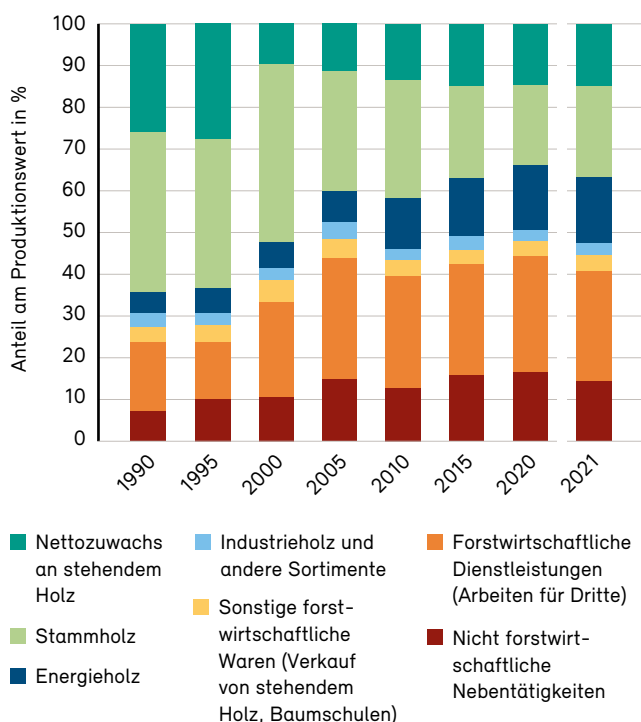
kurzfristigen Anstieg der Nachfrage zu reagieren. Zwischen Ernte, Sägen, Trocknung und Verarbeitung können Monate oder sogar Jahre vergehen.

Diversifizierung und Spezialisierung der waldwirtschaftlichen Produktion

Die Zusammensetzung des Produktionswertes der Schweizer Waldwirtschaft hat sich seit 1990 verändert und spiegelt einen tiefgreifenden Wandel wider (Abb. 6.2.2). Nicht forstwirtschaftliche Nebentätigkeiten haben zugenommen, was auf eine Diversifizierung der waldwirtschaftlichen Einheiten hindeutet, z. B. im Bereich der Holzverarbeitung. Forstliche Dienstleistungen (Arbeiten für Dritte wie Holzfällen), die von spezialisierten Unternehmen für die Waldbesitzenden erbracht werden, haben an Bedeutung gewonnen, insbesondere seit dem Orkan Lothar. Der Anteil des Stammholzes an der Produktion ist in der letzten Dekade stark zurückgegangen, während Energieholz an Bedeutung gewonnen hat (Kap. 3.2, Kap. 6.7). Der Nettowertzuwachs des stehenden Holzvorrats in ökonomisch nutzbaren Wäldern

Abbildung 6.2.2

Anteilmässige Produktionswerte in der Waldwirtschaft, zu laufenden Preisen.

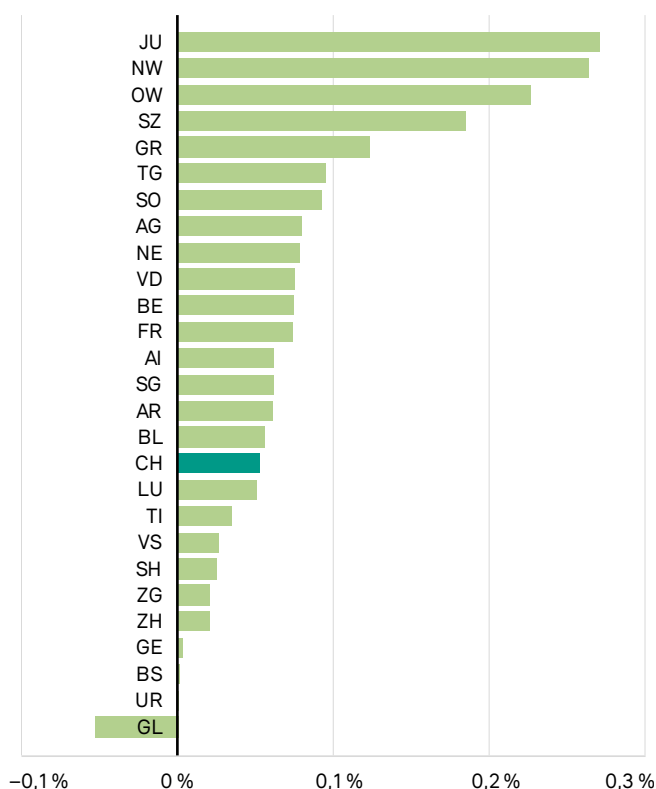


Quelle: BFS 2022c

wird insbesondere von unterschiedlichen Entwicklungen der Rohholzpreise und der Holzerntekosten beeinflusst (ohne geschützte Wälder und nicht ökonomische Wälder, in denen die Erntekosten die potenziellen Käuferlöhre übersteigen würden). Diese Veränderungen wirken sich auf den Wert des stehenden Holzvorrats aus (Kap. 1.2). Das Volumen des Vorrats (ökonomischer, nicht ökonomischer und geschützter Vorrat) im Schweizer Wald hat von 380 Millionen Kubikmeter im Jahr 1990 auf knapp 440 Millionen Kubikmeter im Jahr 2021 zugenommen (BFS 2022c). Dagegen ist der Wert des stehenden Holzvorrats in diesem Zeitraum von fast 20 Milliarden Franken auf weniger als 7 Milliarden Franken stark gesunken, wofür hauptsächlich die in dieser Zeit kontinuierlich gestiegenen Holzerntekosten verantwortlich sind. Sie haben bei über die Jahre schwankenden Rohholzpreisen insgesamt zu einer geringeren Bewertung geführt.

Abbildung 6.2.3

Anteil der Bruttowertschöpfung der Waldwirtschaft an der kantonalen Wirtschaftsleistung, zu laufenden Preisen, 2020.



Quellen: BFS 2022c, BFS 2022d

Ökonomische Bedeutung der Waldwirtschaft

Der Anteil der Waldwirtschaft an der kantonalen Wirtschaftsleistung unterscheidet sich von Kanton zu Kanton (Abb. 6.2.3). Im Kanton Jura belief sich der Anteil der Waldwirtschaft an der Bruttowertschöpfung im Jahr 2020 auf knapp 0,3 %, während der Anteil in vorwiegend städtischen Kantonen wie Basel-Stadt oder Genf wesentlich geringer war. Die tiefen Werte in den Kantonen Glarus und Uri zeigen, dass der Produktionswert des Holzes die Vorleistungen nicht jedes Jahr deckt, weil die alpine Topografie die Waldwirtschaft und den Holzeinschlag sehr kostspielig macht. Generell ist aber zu bedenken, dass der Wald neben der statistisch erfassten Holzproduktion zahlreiche nicht erfasste Ökosystemleistungen «gratis» erbringt (Kap. 3.4). Die volkswirtschaftliche Gesamtrechnung spiegelt daher die tatsächliche sozioökonomische Bedeutung der Waldwirtschaft nicht in vollem Umfang wider.

6.3 Wirtschaftliche Lage der Forstbetriebe

Matthias Biolley, Janine Schweier

- Insgesamt hat sich die wirtschaftliche Lage der Forstbetriebe in der letzten Dekade kaum verändert.
- In allen Forstzonen gibt es Forstbetriebe, die den Wald gewinnbringend bewirtschaften. Im Durchschnitt ist das finanzielle Ergebnis jedoch negativ.
- Die Anpassung der Wälder an den Klimawandel und immer häufigere klimatische Extremereignisse sind für die Forstbetriebe eine grosse Herausforderung. Die wichtigsten Hebel für einen nachhaltigen Betrieb sind die Reduktion der Kosten und die Inwertsetzung von Ökosystemleistungen.

Forstbetriebe in der letzten Dekade kaum verändert. Die Betriebe sehen sich einerseits mit hohen Kosten und andererseits mit eher tiefen Holzerlösen konfrontiert (BAFU 2022c).

Gemäss der Schweizerischen Forststatistik betrugen die Kosten der Forstbetriebe 2021 in der Schweiz rund 590 Millionen Franken. Die Erlöse lagen bei rund 583,5 Millionen Franken. So hat sich ein Verlust von 6,5 Millionen Franken ergeben. Trotz des negativen Ergebnisses war dies eine deutliche Verbesserung. Zwischen 2010 und 2020 lag der durchschnittliche Verlust pro Jahr noch bei mehr als 41 Millionen Franken (BFS 2022a).

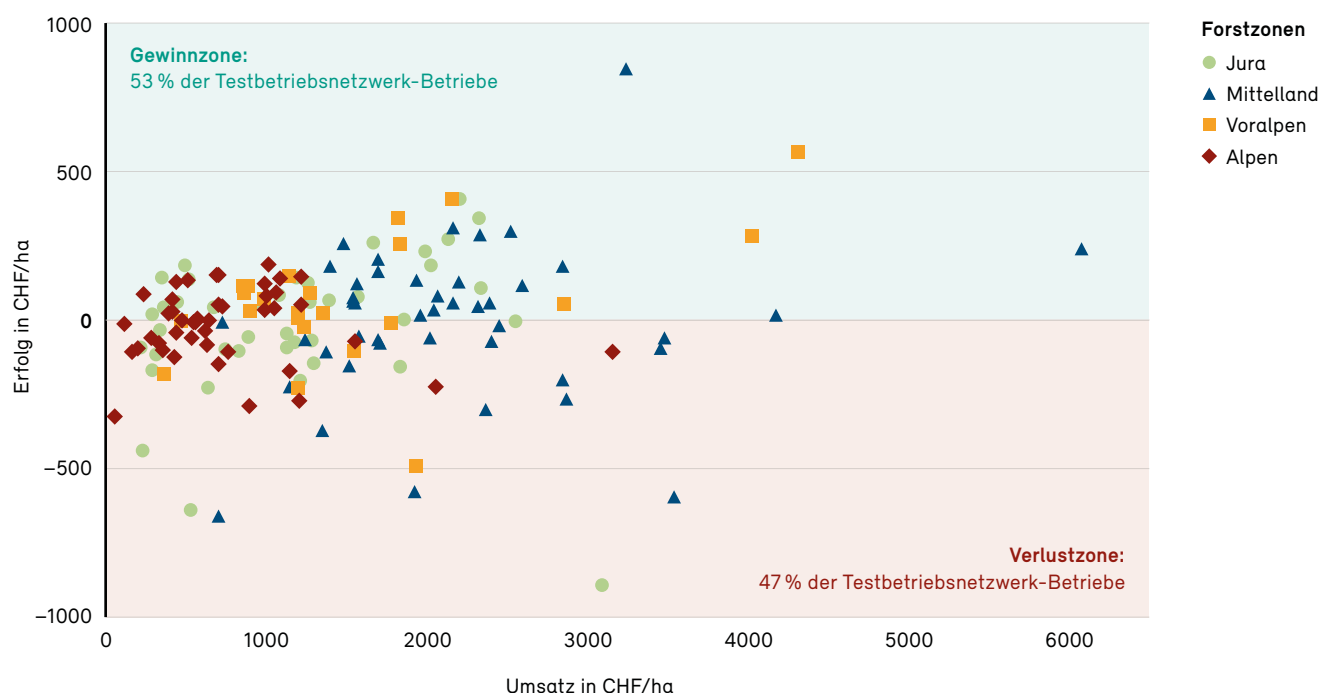
Kosten, Erlöse und finanzielle Ergebnisse

Das Gesamtergebnis der Schweizer Forstbetriebe hat sich zuletzt leicht verbessert. Dies ist massgeblich auf die ab 2021 deutlich gestiegenen Holzpreise zurückzuführen. Insgesamt hat sich die wirtschaftliche Lage der

Die Kennzahlen 2021 aus dem forstwirtschaftlichen Testbetriebsnetz der Schweiz (TBN) – einer Stichprobe von 160 ausgewählten Forstbetrieben – zeigen, wie heterogen die finanzielle Lage der Forstbetriebe ist (Bürgi et al. 2021). Die

Abbildung 6.3.1

Streuung der Betriebsergebnisse der Forstbetriebe im Testbetriebsnetzwerk nach Forstzonen, 2021.



Quelle: Bürgi et al. 2021

höchsten Kosten bei der Waldbewirtschaftung in Franken pro Festmeter Holz (CHF/Fm) sind mit 184 CHF/Fm in den Alpen angefallen, die tiefsten mit 89 CHF/Fm im Jura. Auch die Erlöse pro Festmeter, inkl. der Beiträge der öffentlichen Hand, waren in den Alpen am höchsten (165 CHF/Fm) und im Jura am tiefsten (91 CHF/Fm).

Werden die Ergebnisse pro Hektare betrachtet, sind die Bewirtschaftungskosten und -erlöse im Mittelland am höchsten (1031 CHF/ha bzw. 942 CHF/ha). Die tiefsten Kosten und Erlöse sind in den Alpen angefallen (366 CHF/ha bzw. 328 CHF/ha). Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Nutzungsintensität (in Fm/ha) im Gebirge deutlich tiefer ist als im Mittelland. Während das durchschnittliche Ergebnis der Waldbewirtschaftung im Jura 11 CHF/ha betrug, lag es im Mittelland bei – 89 CHF/ha. In den Voralpen und den Alpen betrugen die Ergebnisse – 24 CHF/ha bzw. – 38 CHF/ha.

Die von den Forstbetrieben erbrachten Dienstleistungen wie Gartenholzerei, Führungen oder Betreuung fremder Waldungen hatten einen positiven Einfluss auf die Betriebsergebnisse (+ 12 CHF/ha). Hingegen hatte der Verkauf von Sachgütern (Holzschnitzel, Holzverarbeitung, Weihnachtsbäume u. a.) einen negativen Einfluss (– 7 CHF/ha). Das durchschnittliche finanzielle Ergebnis des Gesamtbetriebes (einschliesslich Waldbewirtschaftung, Sachgüterproduktion und Dienstleistungen) belief sich auf – 29 CHF/ha.

Die Ergebnisse der TBN-Forstbetriebe streuten auch innerhalb der gleichen Forstzone stark (Abb. 6.3.1). Dies deutet darauf hin, dass die finanziellen Ergebnisse nicht nur durch natürliche Einflussfaktoren wie z. B. die Topografie bestimmt werden.

Erklärende Faktoren und Erlöspositionen

Die hohen Kosten werden vor allem von den Personal- und Maschinenbeständen verursacht, die in vielen Betrieben nicht optimal auf die Betriebsverhältnisse abgestimmt sind. Die höchste Personaldichte pro Hektare bewirtschafteten Waldes haben Betriebe im Mittelland, die tiefste diejenigen in den Alpen, dies unter anderem wegen der tieferen Nutzungsintensität im Gebirge. In der Regel fällt für einen Betrieb mit hohen Personal- und Maschinenbeständen auch der Eigenleistungsanteil höher aus, da sich

der Betrieb üblicherweise bemüht, die eigenen Ressourcen auszulasten (Bürgi und Pauli 2016). Dies führt insbesondere bei der Holzernte zum Einsatz von suboptimalen und dadurch teureren Holzernteverfahren.

Die wichtigste Erlösposition der TBN-Forstbetriebe ist die Waldbewirtschaftung mit 51 %, die sich in die Holzerlöse (26 %), in öffentliche Förderungen und Abgeltungen der Schutzwaldbewirtschaftung (23 %) sowie in sonstige Erlöse aus der Waldbewirtschaftung (2 %) aufteilt. Weitere Erlösquellen der Forstbetriebe sind die Dienstleistungen mit 35 % und der Sachgüterverkauf mit 14 % (Bürgi et al. 2021). Ökosystemleistungen, die nicht explizit durch die öffentliche Hand bestellt sind, wie z. B. Erholungsleistungen, können vielerorts nach wie vor kaum in Wert gesetzt werden.

Wenn auch die wirtschaftliche Situation generell schwierig ist, gibt es in allen Forstzonen ökonomisch erfolgreiche Betriebe, die jedoch unterschiedliche Strategien verfolgen. Von den erfolgreichen Forstbetrieben konzentrieren 14 % ihre wirtschaftlichen Tätigkeiten fast ausschliesslich auf die Waldbewirtschaftung. Eine Mehrheit der Forstbetriebe (86 %) erbringt neben der Waldbewirtschaftung Dienstleistungen in mittlerem oder höherem Umfang und erzeugt Sachgüter (Bürgi et al. 2021).

Strategien für die Zukunft

Die Reduktion des Eigenleistungsanteils und eine klare Strategie könnten in vielen Forstbetrieben dazu beitragen, moderne Informations- und Kommunikationstechnologien besser nutzbar zu machen. Dadurch könnte die Produktivität in der Waldbewirtschaftung gesteigert werden (Bürgi und Pauli 2016). Eine wichtige Voraussetzung wäre einerseits ein optimal an die Betriebsfläche angepasster Personal- und Maschinenbestand. Dadurch liessen sich in Kombination mit dem vermehrten, aber flexiblen Einsatz von Forstunternehmen und kosteneffizienteren Maschinen Kostensenkungen erzielen. Ebenso wichtig wäre die adäquate Inwertsetzung bisher nicht abgegoltener Waldleistungen wie Erholungsleistungen (Kap. 3.4). Insbesondere vor dem Hintergrund, dass angesichts der Folgen des Klimawandels viele Forstbetriebe grössere Investitionen zur Anpassung der Wälder tätigen müssen, müsste die optimale Kostenstruktur oberste Priorität haben.

6.4 Förderung der Waldwirtschaft durch den Bund

Tobias Schulz, Tamaki Ohmura, Jacqueline Bütikofer, Michael Husistein

- Spätestens seit 2016 werden die Bundesbeiträge auf die Anpassung an den Klimawandel ausgerichtet, was mit einer stärkeren Förderung von Waldpflegemassnahmen auf Gebieten ausserhalb des Schutzwaldes einhergeht.
- Die Bundesbeiträge wurden in der Periode von 2021 bis 2024 wegen der stärkeren und vielfältigeren Klimawirkungen, insbesondere durch Trockenjahre, zugunsten von Massnahmen zur Waldpflege ausserordentlich erhöht.
- Die «Integrale Wald- und Holzstrategie 2050» ermöglicht eine bessere Koordination der Waldpolitik und der Ressourcenpolitik Holz. Sie stellt die Bundesbeiträge für den Wald auf eine neue politische Grundlage.

Geschichtliche Entwicklung der Waldförderpolitik

Im Gegensatz zu den sehr stabilen Kernelementen der Waldpolitik wie dem Walderhaltungsgebot entwickelt sich

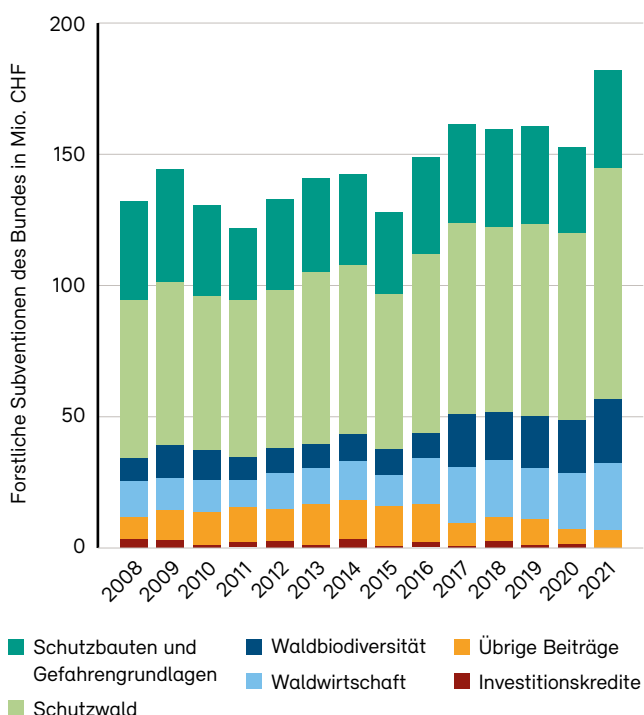
die Waldförderpolitik dynamisch. Anfänglich beschränkte sich die Förderpolitik auf Aufforstungen, Verbauungen und forstliche Infrastrukturanlagen wie Waldstrassen. Mitte der 1980er-Jahre folgten Beiträge für die Bewirtschaftung der Gebirgswälder, und kurze Zeit danach wurden im Kontext der Debatte um das Waldsterben die Förderbeiträge auf sämtliche Wälder der Schweiz ausgeweitet (Zimmermann 2015). Dadurch sind die Bundesbeiträge erheblich angestiegen, zeitweise auf jährlich über 300 Millionen Franken in den Jahren nach den verheerenden Sturmereignissen Vivian (1990) und Lothar (1999).

Entwicklung der Bundesbeiträge 2008 bis 2015

Die «Neugestaltung des Finanzausgleichs und der Aufgabenteilung zwischen Bund und Kantonen» (NFA) im Jahr 2008 bedeutete die Abkehr von der kostenorientierten hin zur leistungsorientierten Vergabe der Bundesbeiträge für die Förderung der Waldbewirtschaftung. In der ersten NFA-Periode (2008–2011) beliefen sich die Bundesbeiträge auf durchschnittlich 130 Millionen Franken pro Jahr (Abb. 6.4.1).

Abbildung 6.4.1

Forstliche Subventionen des Bundes seit 2008.



Quelle: BAFU 2009–2022

Die Förderung des Waldes setzte sich bis 2019 aus den drei Programmen «Schutzwald», «Waldbiodiversität» und «Waldwirtschaft» sowie den «übrigen Beiträgen» zusammen. Letztere wurden für Massnahmen der Ressourcenpolitik Holz, für das Forschungsprogramm «Wald und Klimawandel» sowie für Waldschutzmassnahmen eingesetzt. Zu den Bundesbeiträgen für die Waldwirtschaft zählen auch die Investitionskredite zur Verbesserung von Betriebsstrukturen und Arbeitsverfahren, die eine grosse Bedeutung insbesondere bei der Bewältigung der Auswirkungen des Sturms Lothar hatten (Zimmermann 2015). Neben der Förderung des Waldes wird der Schutz vor Naturgefahren wie Rutschungen, Steinschlägen und Lawinen über das Programm «Schutzbauten und Gefahrengrundlagen» unterstützt.

Die Umsetzung der in den jeweiligen Programmen definierten Ziele ist eine Verbundaufgabe gemäss den NFA-Programmvereinbarungen und wird zu etwa gleichen Teilen von Bund und Kantonen finanziert. Dies erlaubt es, die

national definierten Ziele in der Umsetzung an die kantonalen Gegebenheiten anzupassen. Entsprechend setzen die Kantone punktuell unterschiedliche Schwerpunkte bei den Programmen und bei den jeweiligen Programmzielen.

In den ersten zwei NFA-Perioden (2008–2011 und 2012–2015) war die Höhe der jährlichen Beiträge in etwa gleich (Abb. 6.4.1). Die Ausgaben für die Programme «Schutzwald» und «Schutzbauten und Gefahrengrundlagen» machten jeweils ungefähr zwei Drittel der gesamten forstlichen Subventionen aus, während die Programme «Waldbiodiversität» und «Waldwirtschaft» jeweils ungefähr 10 % davon erhielten.

Anpassung des Waldes an den Klimawandel sowie Waldbiodiversität ab 2016

Per Januar 2017 trat das revidierte Waldgesetz in Kraft, das zu Beginn der NFA-Periode 2016–2019 höhere finanzielle Mittel einzelner Programme für Massnahmen zur Anpassung des Waldes an den Klimawandel zur Folge hatte. Die Beiträge für den Schutzwald («Schutzwaldpflege») und die Förderung der Waldwirtschaft («Waldverjüngung und Jungwaldpflege») wurden ab 2017 um jährlich je 10 Millionen Franken erhöht (BBl 2014 4909, hier 4945). Mit der Gesetzesänderung wurde auch die als dringend notwendig erachtete Förderung von Waldschutzmassnahmen sowie der Walderschliessung, neu auch ausserhalb des Schutzwaldes, eingeführt (BBl 2014 4909, hier 4911).

Zudem hat der Bereich Waldbiodiversität ein grösseres Gewicht erhalten. Dies schlug sich in einer Vollzugshilfe zur Waldbiodiversitätsförderung und in einer Aufstockung der Bundesbeiträge um 10 Millionen Franken nieder (Abb. 6.4.1), die mit dem «Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz» (BAFU 2013) für die Periode 2017–2023 beschlossen wurde.

Ausserordentliche Aufstockung der Bundesbeiträge ab 2021

Mit Beginn der NFA-Programmvereinbarungen für die Periode 2020–2024 ist der Bericht «Waldpolitik: Ziele und Massnahmen 2021–2024» als Bekenntnis zur grundsätzlichen Weiterführung der Waldpolitik 2020 erschienen (BAFU 2021c). Dieser Massnahmenplan bestätigte die

bisherigen Ziele und strebte eine bessere Koordination der zwischen Bund, Kantonen und weiteren Beteiligten aufgeteilten Aufgaben an. Zudem sollte er die Massnahmenumsetzung offener formulieren und den Austausch zwischen dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) und den Kantonen verbessern. Inhaltlich hat der Massnahmenplan neue Akzente bei der Förderung des Werkstoffes Holz und der Anpassung des Waldes an den Klimawandel gesetzt. Dabei hat der Bund die NFA-Programme zum Schutzwald, zur Waldbiodiversität und zur Waldwirtschaft ab 2020 in einer Programmvereinbarung «Wald» (mit den bisherigen Kategorien als Teilprogrammen) zusammengefasst. Dies bietet mehr Flexibilität, welche nötig ist, weil sich der Bedarf an Bundesbeiträgen von Kanton zu Kanton stark unterscheidet.

Die durch die Kombination von Extremereignissen wie Trockenheit und Windwurf verursachten Schäden akzentuieren sich seit 2018 und betreffen auch Bestände, die bis anhin als nicht besonders gefährdet galten (Kap. 2.5). Dies führte zu einer Reihe von Vorstössen im Parlament, die eine kurzfristige Aufstockung der Mittel für die Bewältigung dieser Schäden (Motion Fässler 20.3745) und eine längerfristige strategische Neuorientierung zur Anpassung der Waldbewirtschaftung an den Klimawandel (Motion Hêche/Engler 19.4177 und Postulat Vara 20.3750) forderten. In der Folge wurden die Bundesmittel für die NFA-Programmvereinbarung «Wald» sowie für ergänzende Massnahmen (Stabilitätswaldpflege, Sicherheitsholzschläge und klimaangepasste Waldverjüngung) für vier Jahre um jährlich 25 Millionen Franken aufgestockt (2021–2024). Mittelfristige Massnahmen zur Bewältigung der Herausforderungen des Klimawandels sind im Bericht «Anpassung des Waldes an den Klimawandel» erläutert (Schweizerischer Bundesrat 2022).

Die seit 2008 steigenden Bundesbeiträge zeigen, dass Politik und Gesellschaft gewillt sind, die Waldwirtschaft in ihren Bestrebungen zur Erhaltung des Waldes und seiner vielfältigen Leistungen unter den erschwerten Bedingungen des Klimawandels zu unterstützen. Die «Integrale Wald- und Holzstrategie 2050» ermöglicht eine bessere Koordination der Waldpolitik und der Ressourcenpolitik Holz. Diese Strategie stellt die Bundesbeiträge für den Wald auf eine neue politische Grundlage.

6.5 Beschäftigte in der Wald- und Holzwirtschaft

Gerda Jimmy, Achim Schafer

- Die Anzahl Beschäftigter in der Wald- und Holzwirtschaft blieb von 2011 bis 2020 konstant. Im Sektor Forstwirtschaft nahm sie bis 2018 um 17 % ab und danach wieder um 7 % zu.
- Im Jahr 2020 waren insgesamt rund 96 000 Personen in der Wald- und Holzwirtschaft beschäftigt, davon 2900 in der Forstwirtschaft und 3300 in Dienstleistungsunternehmen für die Forstwirtschaft.
- Es ist zu erwarten, dass sich die in der Wald- und Holzwirtschaft Agierenden künftig vor allem mit Massnahmen gegen den Fachkräftemangel befassen werden.

Berufe in der Wald- und Holzwirtschaft

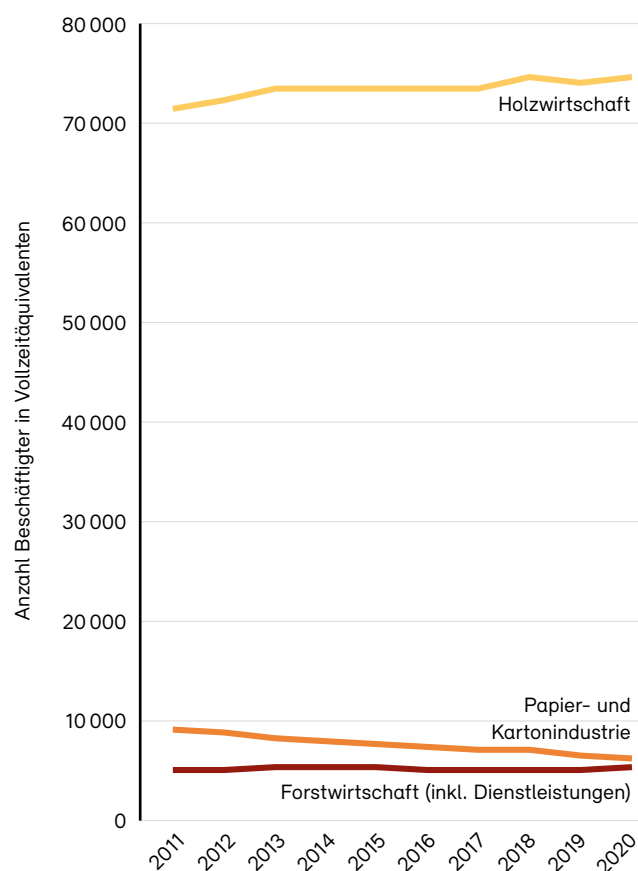
Die Wald- und Holzwirtschaft umfasst die Sektoren Forstwirtschaft und Holzwirtschaft (inkl. Holzbe- und -verarbeitung) sowie die Papier- und Kartonindustrie (inkl. Zellstoffindustrie). Die Berufe der Grundausbildung mit eidgenössischem Fähigkeitszeugnis (EFZ) in diesem Bereich sind u. a. Forstwart/-in, Holzindustriefachmann/-frau, Zimmermann/Zimmerin, Schreiner/-in und Papiertechnologe/-in. In allen Sektoren werden zudem verschiedene Weiterbildungsabschlüsse in der Berufsbildung angeboten, entweder zur Spezialisierung (Forstmaschinenführer/-in oder Holzbaupolier/-in) oder zur Übernahme von Leitungsfunktionen (Förster/-in oder Produktionsleiter/-in Holzindustrie).

Anzahl Beschäftigter in der Wald- und Holzwirtschaft

Von 2011 bis 2020 schwankte die Gesamtzahl der Beschäftigten in der Wald- und Holzwirtschaft zwischen 96 300 und 97 600 Personen, die mit rund 86 000 bis 87 000 Vollzeitäquivalenten (VZÄ) beschäftigt waren (BFS 2022e). In der Holzwirtschaft (v. a. handwerkliche Betriebe wie Schreinereien, Zimmereien oder Sägereien) hat die Beschäftigung bis 2020 kontinuierlich um insgesamt 4 % zugenommen (Abb. 6.5.1). Demgegenüber war in der Papier- und Kartonindustrie ein Rückgang um einen Drittel auf 6700 VZÄ im Jahr 2020 (BFS 2022e) zu verzeichnen. In der Forstwirtschaft hat die Beschäftigung von 2011 bis 2020 um fast 10 % abgenommen, mit – 17 % am meisten im Zeitraum von 2011 bis 2018. Seither zeichnet sich eine Erholung ab. Die

Abbildung 6.5.1

Entwicklung der Beschäftigungszahlen in der Wald- und Holzwirtschaft von 2011 bis 2020, aufgeteilt nach drei Sektoren.



Quelle: BFS 2022e

Anzahl Beschäftigter in Unternehmen, die Dienstleistungen für die Forstwirtschaft erbringen, ist dagegen von 2011 bis 2020 um 25 % angestiegen (BFS 2022e).

Anzahl Beschäftigter in der Forstwirtschaft

Im Jahr 2020 waren in der Forstwirtschaft knapp 2900 Angestellte beschäftigt, was 2500 VZÄ oder knapp 2 VZÄ pro 1000 Hektaren Wald entsprach. Ihre Aufgaben umfassen die Bereiche Waldpflege, Holzernte und Forstbaumschulen. Unterstützt wurden sie von rund 3300 Dienstleistenden für die Forstwirtschaft und

den Holzeinschlag in rund 2800 VZÄ oder 2,2 VZÄ pro 1000 Hektaren Wald (BFS 2022e). In den Forstzonen zeigen sich bei der Anzahl Beschäftigter pro Flächeneinheit grosse Unterschiede. Darin widerspiegelt sich die unterschiedliche Intensität der Holznutzung in den Regionen (Abb. 6.5.2). Dabei fällt insbesondere der höhere Personaleinsatz im Mittelland auf (Kap. 6.3). So wurden 2020 in der Forstzone Mittelland 8,75 Festmeter Holz pro Hektare (Fm/ha) geerntet, mehr als doppelt so viel wie im landesweiten Durchschnitt (3,77 Fm/ha) (BAFU 2021d).

Zukunftsansichten im Berufsfeld Wald

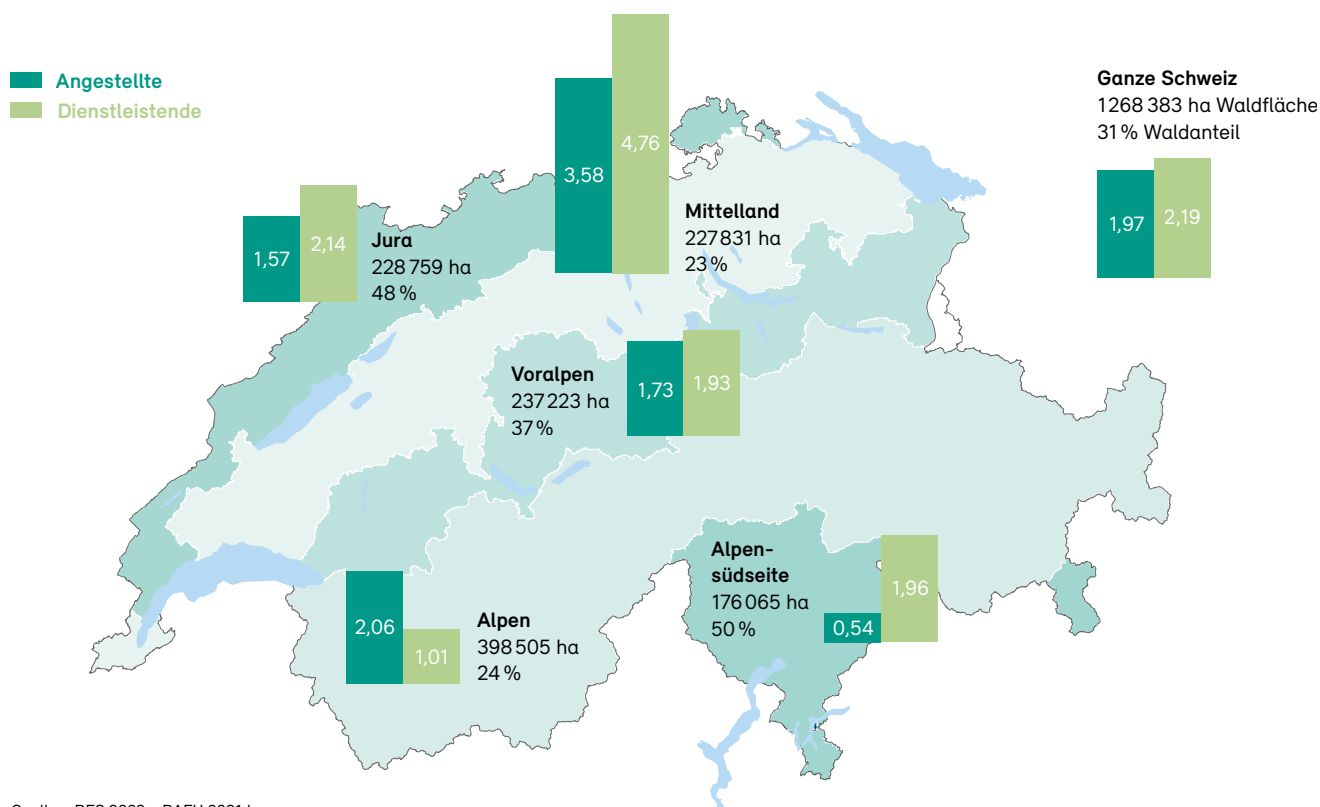
Trotz grossen Interesses und genügender Anzahl Absolvierenden und Absolventen von Lehrgängen der Waldberufe ist der Fachkräftemangel auch in der Forstwirtschaft ein Thema. Gut ausgebildete Fachkräfte sind in der letzten

Dekade immer rarer geworden, und die Lage scheint sich weiter zuzuspitzen. Der Verein Organisationen der Arbeitswelt im Berufsfeld Wald (OdA Wald Schweiz) hat 2022 eine Analyse veranlasst, um dem Fachkräftemangel entgegenzuwirken. Sie hat gezeigt, dass die langfristige Bindung der Mitarbeitenden eine der grössten Herausforderungen ist, weshalb Verbesserungen insbesondere im Bereich der Arbeits- und Anstellungsbedingungen vorgeschlagen wurden, z. B. flexible Arbeitszeitmodelle und abwechslungsreiche Arbeitsplanungen (Landolt et al. 2023).

Auch die in den Sektoren der Forstwirtschaft Tätigen berichten über Probleme bei der Rekrutierung von genügend Fachleuten. Deshalb hat u. a. die Holzindustrie eine Informationskampagne für Schülerinnen und Schüler über die Berufsmöglichkeiten in diesem Bereich lanciert.

Abbildung 6.5.2

Anzahl der Beschäftigten in der Forstwirtschaft pro 1000 Hektaren Waldfläche in den 5 Produktionsregionen und in der ganzen Schweiz (mit Gesamtfläche Wald in Hektaren sowie Waldanteil pro Zone), 2020.



6.6 Arbeitssicherheit und Arbeitsgesundheit

Gerda Jimmy, Janine Schweier

- Von 2012 bis 2021 war die Zahl der Berufsunfälle im Wald leicht rückläufig.
- Da das Unfallrisiko bei Waldarbeiten hoch ist, unterstützen verschiedene Massnahmen die Arbeitssicherheit und -gesundheit der Waldarbeitenden.
- Die präventiven Massnahmen im Bereich der Arbeitssicherheit und -gesundheit müssen auf hohem Niveau weitergeführt werden, wobei auch die Folgen des Klimawandels zu berücksichtigen sind. Neue Technologien könnten diese Bestrebungen unterstützen.

Präventionsmassnahmen im Forstbereich

Die Waldarbeit ist körperlich anspruchsvoll und beinhaltet immer wieder potenziell gefährliche Situationen. Um die Mitarbeitenden auf die körperliche Arbeit vorzubereiten und um Unfälle zu vermeiden, werden in der Schweiz Massnahmen zur Unfallprävention und zur Gesundheitsförderung umgesetzt.

Im Bereich der Unfallprävention analysiert die Schweizerische Unfallversicherung (Suva) Unfallhergänge, sensibilisiert Firmen und Mitarbeitende und stellt Informationen wie Factsheets zur Arbeitssicherheit bereit. Ein Kernstück der Präventionsarbeit im Forstbereich sind die «Zehn lebenswichtigen Regeln für die Waldarbeit», die seit 2012 in den überbetrieblichen Kursen allen Lernenden vermittelt werden. Sie enthalten Massnahmen wie das Tragen einer Schutzausrüstung, das Aufsuchen des Rückzugsortes oder das Sicherstellen von Erster Hilfe bei einem Unfall. Lernende, die ihre Lehre ohne Unfallereignis absolviert haben, erhalten seit 2016 eine Auszeichnung der Suva.

Bei den Lernenden setzt auch das Gesundheitsförderungsprogramm der Codoc an, der Fachstelle des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) für die forstliche Bildung. Seit 2018 stellt sie Unterlagen zur Verfügung, die an Berufsschulen, in den überbetrieblichen Kursen und im Lehrbetrieb zusätzlich zu den bereits im Unterricht verankerten Inhalten verwendet werden können. Die Unterlagen wurden aufbauend auf Erfahrungen und bestehenden Elementen entwickelt. Sie beinhalten z. B. zahlreiche Übungen, die zum Aufwärmen vor Ort (Abb. 6.6.1) oder zum Zusammenstellen eines

Trainingsprogramms verwendet werden können. Auch ein Fitnesstest für den Sportunterricht und ein Handbuch mit Lektionsvorschlägen für die Berufsschule sind darin enthalten. Weiter wurde eine Plattform zu Beinahe-Unfällen eingeführt. Anhand dieser können Berufskundelehrpersonen heikle Situationen in der Klasse besprechen, um gemeinsam Rückschlüsse daraus zu ziehen. Im Jahr 2022 wurden an den Forstschulen in Maienfeld (GR) und Lyss (BE) halbtägige Veranstaltungen zum Thema Gesundheitsschutz eingeführt, um die künftigen Kaderpersonen für die Thematik zu sensibilisieren.

Berufsunfälle und -krankheiten

Im Jahr 2021 wurden in Forstbetrieben und -unternehmen 277 Berufsunfälle pro 1000 Vollzeitbeschäftigte registriert (Suva 2022; Abb. 6.6.2). Dies war der tiefste Wert seit 2012. Dabei führten 119 oder 43 % der Unfälle zu einem Arbeitsausfall von mehr als drei Tagen. Dieser Wert ist dreimal höher als der Durchschnitt von allen bei der

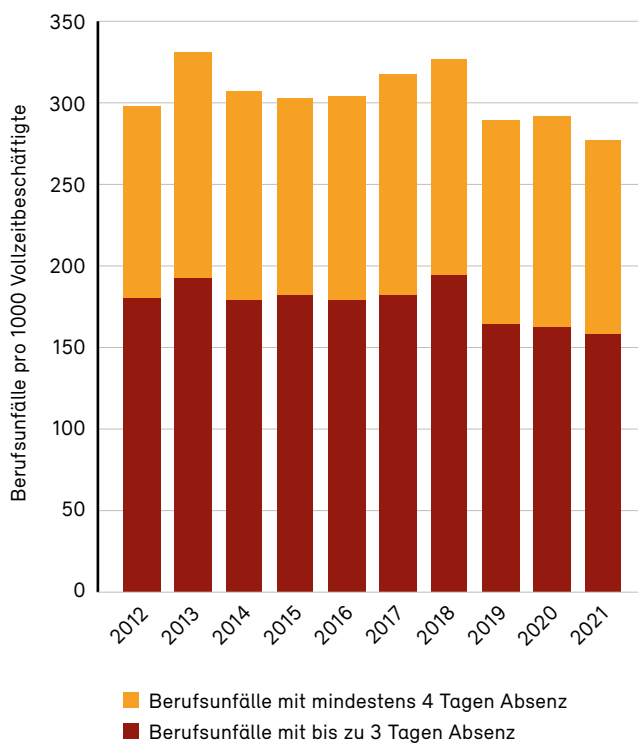
Abbildung 6.6.1

Überbetrieblicher Kurs in Le Mont-sur-Lausanne (VD). Gleichgewichts- und Aufwärmübungen helfen, Unfälle, z. B. durch Stürze, zu vermeiden. Foto: Gerda Jimmy



Abbildung 6.6.2

Berufsunfälle in Forstbetrieben und -unternehmen pro 1000 Vollzeitbeschäftigte von 2012 bis 2021.



Quelle: Suva 2022

Suva versicherten Branchen (40 Fälle pro 1000 Vollzeitbeschäftigte). Während die Unfälle mit längerer Absenz ab 2019 zurückgingen, zeigte sich bei denjenigen mit kürzerer Absenz wenig Veränderung. Die Waldarbeit birgt nach wie vor ein hohes Risiko. So waren von 2012 bis 2021 auch 32 Todesfälle zu beklagen, 6 allein im Jahr 2012. In den Jahren danach wurden jeweils zwischen 1 und 4 Todesfälle verzeichnet (Suva 2022).

Bei den Berufskrankheiten scheint die Entwicklung auf den ersten Blick besorgniserregend zu sein, zeigt die Statistik doch von 2012 bis 2021 einen kontinuierlichen Anstieg neu eingetretener anerkannter Berufserkrankungen: von 16 auf 28 Fälle bzw. von 3,0 auf 4,7 Fälle pro 1000 Vollzeitbeschäftigte (Suva 2022). Eine vertiefte Analyse zeigt jedoch, dass Erkrankungen am Bewegungsapparat stark rückgängig waren (Wettmann 2022). Der Anstieg ist vielmehr den Gehörschäden geschuldet, die sich häufig erst Jahrzehnte nach der Belastung manifestieren. Mittlerweile

trägt aber schon eine ganze Generation von Beschäftigten im Wald konsequent einen Gehörschutz, sodass in Zukunft auch bei den Gehörschäden eine Abnahme zu erwarten ist (U. Limacher, Suva, persönliche Mitteilung, 28.2.2023).

Waldarbeit im landwirtschaftlichen Bereich

Die oben beschriebenen Massnahmen beziehen sich auf die Arbeit in Forstbetrieben und -unternehmen. Jedoch wird auch häufig im privaten Rahmen im Wald gearbeitet, vor allem im landwirtschaftlichen Bereich. Auch diese Waldarbeitenden werden betreffend Arbeitssicherheit unterstützt. Nach dem Sturm Lothar von Ende 1999, als mehrere Personen bei den Aufräumarbeiten tödlich verunglückten, lancierte der Bund eine Kampagne zur Förderung der Arbeitssicherheit von Waldarbeitenden ohne forstliche Ausbildung mit zahlreichen Massnahmen, z. B. der Promotion und der finanziellen Unterstützung von Kursen zur Arbeitssicherheit für forstlich ungelernete Personen, einer verstärkten Information über mögliche Gefahren bei der Waldarbeit im landwirtschaftlichen Bereich sowie einer gesetzlich verankerten Kursnachweispflicht für Personen, die Waldarbeiten im Auftrag ausführen. Dass die Anstrengungen zur Verbesserung der Arbeitssicherheit fortgeführt werden müssen, verdeutlicht die Statistik der Todesfälle bei Waldarbeiten der in der Landwirtschaft tätigen Personen. Von 2013 bis 2022 wurden 51 Fälle verzeichnet, was 17 % aller registrierten tödlichen Unfälle in der Landwirtschaft entspricht (BUL 2023).

Die durch den Klimawandel verursachten Veränderungen in den Wäldern müssen auch in Bezug auf die Arbeitssicherheit berücksichtigt werden. So ist z. B. der Fortbildungskurs des Verbandes der Waldeigentümer WaldSchweiz zum sicheren Fällen von Bäumen mit Totholzcharakter sehr gefragt. Weiter bieten sich neue Technologien an, um in einer virtuellen Umgebung Unfallsituationen digital zu simulieren.

6.7 Stoffliche und energetische Holzverwendung

Achim Schafer, Claire-Lise Suter Thalmann, Janine Schweizer, Oliver Thees

- In der letzten Dekade hat der Holzendverbrauch inklusive Importe auf rund 11 Millionen Kubikmeter pro Jahr zugenommen.
- Die stoffliche Verwendung von Holz nimmt gegenüber der energetischen Verwendung tendenziell ab und belief sich 2021 noch auf einen Anteil von ca. 41 %.
- Ein grosser Teil des Energieholzes stammt direkt aus dem Wald. Diese Menge ist in der letzten Dekade um 20 % gestiegen. Das in Zukunft zusätzlich nutzbare Potenzial von Waldenergieholz beträgt rund 0,8 Millionen Kubikmeter oder 2,3 Terawattstunden Endenergie pro Jahr.

Von der Produktion und Ernte im Wald bis zum fertigen Produkt durchläuft der Rohstoff Holz diverse Be- und Verarbeitungsstufen sowie Handelskanäle. Je nach Verwendung unterscheiden sich die Dauer der Prozesse sowie die Transportwege. Auf allen Stufen werden auch Halb- und Fertigfabrikate aus Holz importiert und exportiert. Ebenso finden Recyclingprozesse für den weiteren stofflichen Einsatz von Holz statt. Die Aufteilung in stoffliche und energetische Nutzung entscheidet sich zum grössten Teil bereits beim Holzverkauf im Wald. Ein Materialflussmodell, basierend auf Berechnungen von Rohstoffaufkommen und -verwendung, bildet die Stoffflüsse ab (Abb. 6.7.1).

Stoffliche Verwendung

2021 lag der Holzendverbrauch bei 11,2 Millionen Kubikmetern (Mio. m³). Gegenüber dem Vorjahr hat er um 5,1 % zugenommen. Der Endverbrauch wird gemäss drei Hauptverwendungszwecken erfasst: stoffliche, energetische Verwendung und andere Verwendungen. Letztere umfassen Nutzungen in der Landwirtschaft und im Gartenbau sowie die Verluste. Der Anteil der stofflichen Verwendung am Endverbrauch hat im Vergleich zur energetischen Verwendung abgenommen; er belief sich 2021 auf ca. 41 %. Davon entfielen knapp zwei Drittel auf Holzprodukte (z. B. Schnittholz) und gut ein Drittel auf Papier- und Kartonprodukte. Der Anteil der energetischen Verwendung hat leicht zugenommen und betrug 2021 rund 56 %. Die anderen Verwendungen verharrten mit knapp 3 % auf Vorjahresniveau (BAFU 2022c).

Altholz und Altpapier

Neben dem Waldholz und dem Import von Holz sind Altholz und Altpapier bedeutende Quellen für den Rohstoff Holz. Jährlich werden in der Schweiz rund 840 000 Tonnen Altholz gesammelt, von denen 250 000 Tonnen in den Export gehen. Etwa 36 % des Altholzes werden erneut stofflich verwendet, dies überwiegend in der Spanplattenherstellung im Ausland. Rund 50 000 Tonnen gelten als problematische Holzabfälle, weil sie mit Holzschutzmitteln behandelt worden sind. Sie werden überwiegend energetisch genutzt und zu einem sehr geringen Teil deponiert. Jährlich werden in der Schweiz ca. 1,2 Millionen Tonnen Altpapier gesammelt. Davon werden rund zwei Drittel wieder zu Papier und Karton verarbeitet. Der Rest wird exportiert oder thermisch genutzt (BAFU 2022c).

Halbfertigfabrikate aus Holz

Schweizer Sägereien erzeugten 2021 aus rund 2 Millionen Festmetern Rundholz ca. 1,3 Mio. m³ Schnittholz. Der Einschnitt ist nach Rückgängen in den Vorjahren gestiegen und hat 2021 das Niveau von 2016 erreicht. Dieser Anstieg ist auf den Trend zum vermehrten Einsatz von Holzprodukten im Bauwesen zurückzuführen. Der Nadelholzanteil an der Schnittholzproduktion betrug 96 %, der Laubholzanteil nur 4 %. Die Werte entsprechen dem Mittelwert der vorangegangenen fünf Jahre. Den grössten Anteil an der Produktion von Holzwerkstoffen verzeichneten Spanplatten mit 450 000 m³ (70 %), gefolgt von Faserplatten mit 190 000 m³ (29 %) und Sperrholz mit 7000 m³ (1 %). Holzschliff schlug mit 94 000 Tonnen zu Buche (BAFU 2022c).

Industrieholz

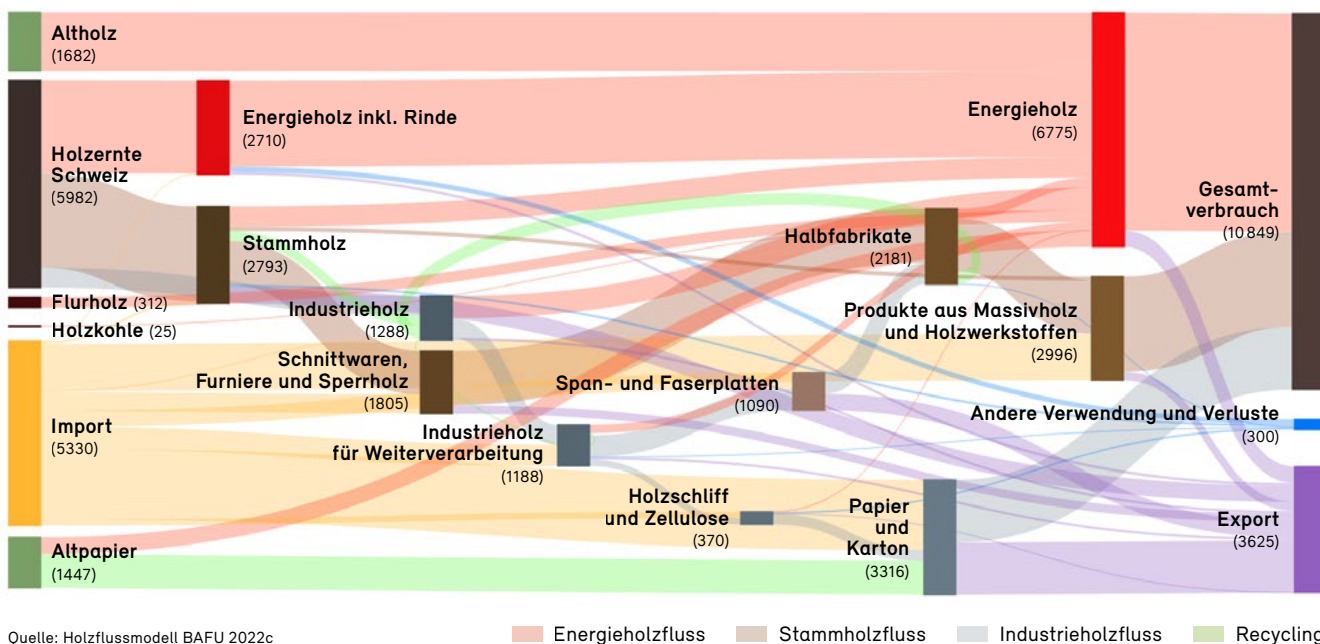
2021 fielen knapp 1,1 Mio. m³ Industrieholz an, darunter 544 000 m³ Waldindustrieholz und 538 000 m³ Restholz. Weiter wurden knapp 110 000 m³ Restholz importiert. Diese Mengen wurden in der Holzwerkstoff-, Papier- und Zellstoffindustrie als Rohstoff verwendet (BAFU 2022c).

Kaskadenprinzip

Das Kaskadenprinzip im Kontext von Holz bedeutet, dass Holz stufenweise mehrmals nacheinander stofflich genutzt

Abbildung 6.7.1

Das Holzflussmodell zeigt die vielfältigen Holzflüsse (in 1000 m³) in der Schweiz im Jahr 2021.



werden kann und so zu einer vorteilhaften CO₂-Bilanz beiträgt. Das stofflich verwendete Waldholz (Stammholz und Industrieholz) soll erst auf der letzten Stufe die Quelle des energetisch genutzten Rest- und Altholzes sein. Dieses Kaskadenprinzip ist bezüglich des Energie- und Ressourcenverbrauchs bedeutend effizienter und fügt sich in das Konzept der Kreislaufwirtschaft ein.

Energetische Verwendung

Holz ist eine erneuerbare Energiequelle, gilt langfristig als CO₂-neutral, fällt dezentral an, ist lagerfähig und ganzjährig verfügbar. Aus Holz können Wärme, Elektrizität und Treibstoffe mit jeweils unterschiedlichen Umwandlungsverlusten erzeugt werden. Seit mehr als zwanzig Jahren nimmt der Energieholzverbrauch stetig zu und erreichte 2022 rund 6 Mio. m³ (BFE 2023). In den Schweizer Wäldern wurden in diesem Jahr gemäss Forststatistik 2,1 Mio. m³ Energieholz geerntet. Dies entspricht einem Anstieg von etwa 20 % in zehn Jahren und fast einer Verdoppelung in zwanzig Jahren (BAFU 2022c). Ein bedeutender Teil des energetisch genutzten Holzes stammt aus dem Wald. Der Rest stammt aus Flur- bzw. Landschaftspflegeholz, aus Restholz der Holzbe- und -verarbeitung (Schwarten, Spreissel, Späne und Sägemehl) sowie aus Altholz, das bereits anderweitig

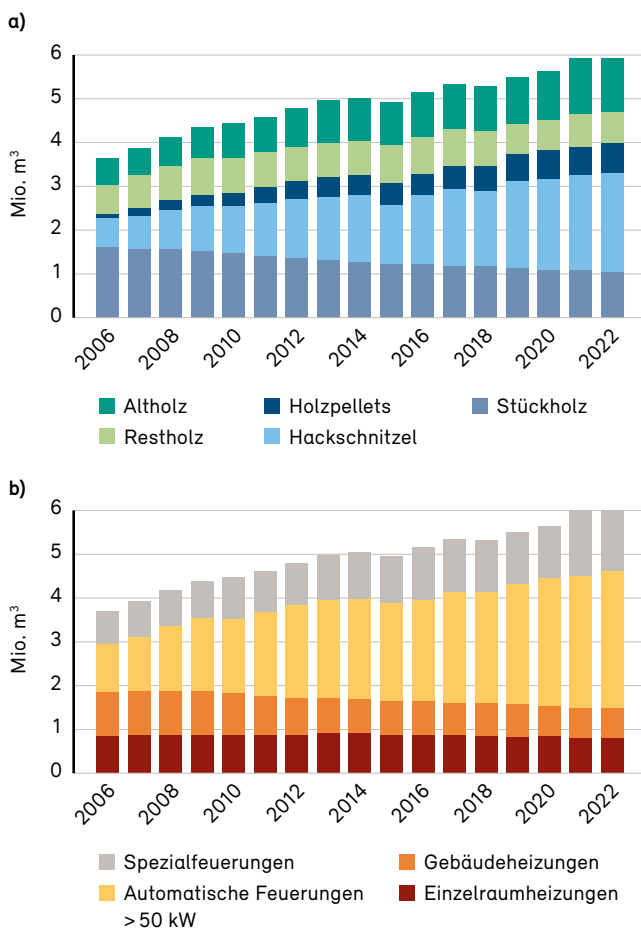
verwendet worden ist, z. B. in Gebäuden oder Möbeln. Vom Laubholz, das in der Schweiz geerntet wird, werden 50–70 % als Energieholz genutzt, beim Nadelholz sind es nur 15–20 %. Waldenergieholz wird zu 40 % als Stückholz und zu 60 % als Hackschnitzel bereitgestellt. Der Anteil der Hackschnitzel steigt seit mehreren Jahren an. Ob das Waldholz energetisch oder stofflich genutzt wird, hängt von der Preisentwicklung auf den Holz- und Energiemärkten und von den in der jeweiligen Region bestehenden Produktions- und Handelsstrukturen ab.

Politische, klimatische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Der Trend zur energetischen Nutzung von Holz wurde von den politischen Rahmenbedingungen, von den Auswirkungen der Klimaerwärmung auf den Wald und von ökonomischen Veränderungen begünstigt. Auf der politischen Ebene entscheidend war der Beschluss von Bundesrat und Parlament für die Energiewende im Jahr 2011, und 2017 hat das Schweizer Stimmvolk ein neues Energiegesetz gutgeheissen, das den Ausbau der erneuerbaren Energien vorsieht. 2019 wurde die nationale Umsetzung des Pariser Klimaabkommens beschlossen. Diese Entscheide führten dazu, dass die Förderung der energetischen Holznutzung

Abbildung 6.7.2

Energieholzverbrauch nach a) Brennstoffsortiment und
b) Feuerungstyp, von 2006 bis 2022.



Quelle: BFE 2023

ausgebaut wurde, etwa über die Klimaprämie für den Ersatz von Gas- und Ölheizungen durch Holzheizungen.

Die Klimaerwärmung begünstigt die Laubbaumarten. Sie machen mittlerweile knapp zwei Drittel der energetischen Holznutzung aus (BAFU 2022c). Andererseits leiden insbesondere Fichten in nicht standortgerechten Beständen unter Trockenheit und Borkenkäferbefall und sterben ab (Kap. 2.3 und 3.1). Die Folge sind häufigere Zwangsnutzungen mit grossen Mengen an Schadholz, das zum Teil energetisch verwendet wird.

Schliesslich begünstigten ökonomische Entwicklungen wie die Abwanderung von Industrieholz verarbeitenden Unternehmen oder die sinkende inländische Möbelproduktion

die energetische Nutzung von Waldholzsortimenten, die einer höherwertigen, stofflichen Verwendung zugeordnet wären; die Energieholzpreise sind wegen der höheren Nachfrage gestiegen. Beide Trends führen zu einer intensiveren Nutzung von Energieholz und zu Sortimentsverschiebungen von Industrieholz und Stammholz zum Energieholz.

Anteil an der Schweizer Energieproduktion

Die Bedeutung der Holzenergie für die inländische Energieproduktion hat in der letzten Dekade deutlich zugenommen. 2022 wurden rund 11,2 Terawattstunden (TWh) Nutzenergie mit Holz erzeugt (witterungsbereinigt). Mit einem Anteil von rund 5,5 % am Energieendverbrauch ist die Holzenergie in der Schweiz mittlerweile nach der Wasserkraft der zweitwichtigste erneuerbare Energieträger. Bei der Wärmeerzeugung betrug der Anteil der Holzenergie am Endverbrauch im Jahr 2022 knapp 14 %, bei der Brutto-Elektrizitätserzeugung knapp 1 %. In der Treibstoffherstellung spielte sie keine Rolle (BAFU 2022c, BFE 2023).

Mit einem Anteil von rund 75 % wird der grösste Teil des Energieholzes in automatischen Feuerungsanlagen und Spezialfeuerungen zur Erzeugung von Wärme verbrannt (Abb. 6.7.2). Die Zahl der Anlagen nimmt ab; sie belief sich 2022 auf 510 000 Einheiten. Manuell betriebene Gebäudeheizungen werden aufgegeben, während grössere automatische Anlagen zugebaut werden. Dies führt zu einer Reduktion von Umwandlungsverlusten. Der Wirkungsgrad der Wärmeproduktion aus Holz erreichte 2022 einen Wert von 76 % (ohne Kehrlichtverwertungsanlagen). Die Effizienzsteigerung führte auch zu einer Reduktion der Emissionen von Feinstaub, Stickstoffoxiden, leichtflüchtigen organischen Verbindungen (VOC) und Kohlenmonoxid. Nach wie vor sind 451 500 Anlagen (90 %) Einzelraumfeuerungen.

Lange Zeit stammten bis zu 97 % des Energieholzes aus der Schweiz (Lehner et al. 2013). Dies hat sich geändert (Kap. 6.8). Die Importe von Holzpellets haben sich in der letzten Dekade auf rund 70 000 Tonnen pro Jahr verdoppelt. Die importierten Mengen stammen fast ausschliesslich aus Deutschland (48 %), Österreich (30 %) und Frankreich (19 %) (BFE 2023). Die höhere Importnachfrage wurde auch durch die steigende Anzahl von Holzenergieanlagen entlang der Landesgrenze begünstigt.

Tabelle 6.7.1

Energieholzverbrauch, Gesamtpotenzial und zusätzlich nutzbares Potenzial im Jahr 2022 (Differenzen ergeben sich aus Rundungen).

Brennstoffsortimente	Gesamtverbrauch pro Jahr		Gesamtpotenzial pro Jahr		Zusätzlich nutzbares Potenzial pro Jahr	
	Mio. m ³	TWh	Mio. m ³	TWh	Mio. m ³	TWh
Waldholz (inkl. Importe)	3,0	8,2	3,5	9,5	0,5	1,3
Flurholz	0,3	0,8	0,5	1,2	0,2	0,4
Restholz	0,7	2,2	0,8	2,4	0,1	0,2
Altholz	1,2	3,2	1,4	3,6	0,1	0,4
Total	5,3	14,4	6,1	16,7	0,8	2,3

Quelle: Keel und Chrenko 2023

«Monitoring Holzenergie»

Aufgrund der hohen Nachfrage nach Holzenergie hat das Bundesamt für Umwelt (BAFU) 2022 das Projekt «Monitoring Holzenergie» lanciert. Darin sollen der effektive Verbrauch von Energieholz, geplante Vorhaben sowie das Potenzial von Energieholz erfasst werden, um künftig nur so viel Energieholz zu verwenden, wie nachhaltig nutzbar ist. Ferner sollen damit die Datenquellen und Statistiken harmonisiert und angepasst werden.

Energieholzpotenziale

Seit einigen Jahren werden die Energiepotenziale der Schweizer Biomasse bestimmt (Thees et al. 2017). Das inländische Energieholzpotenzial wird derzeit noch nicht vollständig genutzt. Insgesamt wurden von 2015 bis 2022 durchschnittlich ca. 5,5 Mio. m³ Holz pro Jahr energetisch genutzt, dies bei einem Potenzial über alle Brennstoffsortimente von rund 6,8 Mio. m³, was 18,6 TWh Endenergie entspricht (BFE 2023). Daraus ergibt sich ein zusätzlich nutzbares Energieholzpotenzial von rund 1,3 Mio m³ oder 3,6 TWh Endenergie pro Jahr (Keel und Chrenko 2023). Für 2022 zeigt die Tabelle 6.7.1 ein geringeres noch nutzbares Potenzial von 0,8 Mio. m³. Dieses Potenzial könnte rasch ausgeschöpft sein. Eine Analyse des zu erwartenden Verbrauchs hat ergeben, dass das zusätzlich nutzbare Potenzial bereits von geplanten Projekten in Anspruch genommen wird und nicht für alle Vorhaben ausreicht (Keel und Chrenko 2023). Bei der Planung neuer Holzenergieanlagen ist deshalb die langfristige Verfügbarkeit von Energieholz abzuklären.

Mit Simulationen, die auf Daten des Landesforstinventars (LFI) basieren, lassen sich langfristige Betrachtungen des Energieholzaufkommens durchführen. Sie zeigen die Abhängigkeit der Energieholzpotenziale von der Art der Waldbewirtschaftung und von der Situation auf den Holz- und Energiemärkten. Die Potenziale entwickeln sich dynamisch. Unter Annahme eines moderaten Abbaus der hohen Vorräte im Schweizer Wald und einer bevorzugt stofflichen Verwendung des Holzes ergeben sich in einem Szenario zusätzlich nutzbare Energieholzpotenziale von 0,7 Millionen Kubikmetern pro Jahr bis 2056 (Thees et al. 2017). Die Ergebnisse bestätigen die von «Monitoring Holzenergie» festgestellte Knappheit an Energieholz.

Vorteile bei Verfügbarkeit, Energieeffizienz und CO₂-Bilanz

Das begrenzte Potenzial an Energieholz bedingt eine effiziente Nutzung. Dabei sind die Vorteile von Holz bezüglich Verfügbarkeit, Energieeffizienz und CO₂-Bilanz für das Gesamtenergiesystem im Vergleich mit anderen erneuerbaren Energien zu berücksichtigen. Bezüglich der Klimawirkung ist Energieholz idealerweise in der Produktion von Hochtemperatur-Prozesswärme für die Industrie sowie für die Stromerzeugung in Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen zur Überbrückung der Winterstromlücke einzusetzen (Nussbaumer 2023, Thees et al. 2023). Noch nicht ausgereift sind Technologien zur Herstellung von chemischen Energieträgern bzw. Treibstoffen aus Holz. Im Wärmebereich sollte Energieholz primär in grösseren automatischen Feuerungsanlagen eingesetzt werden, weil diese effizienter und sauberer sind als Kleinanlagen. Als Energiespeicher kann Holz dazu beitragen, die schwankende Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien wie Wind oder Sonne auszugleichen, und so die Energiewende unterstützen (Thees et al. 2023).

Die Ressource Holz sollte gemäss dem Kaskadenprinzip in erster Priorität stofflich verwendet werden, bevor sie energetisch genutzt wird. Dies dient dem Klimaschutz, fördert die Ressourceneffizienz und steigert die Wertschöpfung (Bernath et al. 2013). Um eine solche kaskadische Nutzung zu erreichen, sind neue Anreize für die stoffliche Nutzung erforderlich, denn derzeit wird die energetische Verwendung von Holz stärker gefördert als die stoffliche Nutzung (Odermatt et al. 2023).

6.8 Aussenhandel mit Holz und Holzprodukten

Achim Schafer

- Der Aussenhandel mit Holz und Holzprodukten ist von einem Importüberschuss geprägt. Dieser hat 2021 gegenüber dem Vorjahr um 13,4 % stark zugenommen und erreichte einen Wert von 4,5 Milliarden Franken.
- Trotz eines Exportanstiegs beim Rohholz hat sich 2021 die im Inland verfügbare Menge dank einer gesteigerten Holzernte um 2,9 % auf 4,6 Millionen Kubikmeter erhöht.
- Der Importüberschuss von Energieholz hat stetig zugenommen. 2022 wurden gesamthaft rund 346 000 Tonnen mehr Brennholzprodukte importiert als exportiert.

Holzaussenhandel im Überblick

Die wichtigsten Handelskontakte für die Schweiz im Aussenhandel mit Holz und Holzprodukten sind die Nachbarländer Deutschland, Österreich, Italien und Frankreich. Einen grossen Einfluss auf die Handelsbilanz haben konjunkturelle Entwicklungen der spezifischen Absatzmärkte, grössere Wechselkursschwankungen sowie Transport- und Logistikkosten. Sie können in Kombination mit Sonderereignissen (Verfügbarkeit von Sturm- und Käferholz) kurzfristig grössere Schwankungen in der Handelsbilanz zur Folge haben.

2021 wurden Holz und Holzprodukte für 6,37 Milliarden Franken eingeführt und für 1,83 Milliarden Franken ausgeführt. Dies entsprach 3,2 % der gesamten Warenimporte der Schweiz und 0,7 % der Warenexporte. Der Importüberschuss hat gegenüber dem Vorjahr um 13,4 % stark zugenommen, was in einem negativen Handelssaldo von – 4,54 Milliarden Franken resultierte.

Bezogen auf alle Produkte auf der Basis von Holz wurde von 2017 bis 2021 jedes Jahr eine grössere Menge ein- als ausgeführt (Tab. 6.8.1). Wertmässig ist die Differenz zwischen Ein- und Ausfuhren noch grösser, d. h., es werden deutlich mehr höherwertige Hölzer und Holzsortimente sowie Holzprodukte importiert als exportiert.

Das Volumen an exportiertem Rohholz (Stamm-, Industrie- und Energieholz) legte dagegen 2021 nach einem starken

Tabelle 6.8.1

Gesamter mengen- und wertmässiger Aussenhandel von Holz und Holzprodukten, von 2017 bis 2021.

	Einfuhren		Ausfuhren	
	in 1000 m ³ feste Holzmasse	in Mio. CHF	in 1000 m ³ feste Holzmasse	in Mio. CHF
2017	6182	7343	4826	2390
2018	5825	7578	4992	2339
2019	5575	7463	4746	2455
2020	5380	6814	4324	1867
2021	5720	7576	4490	2160

Quelle: BAFU 2022c

Vorjahresrückgang um knapp 15 % auf 0,55 Mio. m³ deutlich zu. Da gleichzeitig die inländische Holzernte um 4 % auf 5 Mio. m³ anstieg, erhöhte sich bei konstanten Importen von 0,1 Mio. m³ das im Inland zur Verfügung stehende Rohholz um 2,9 % auf 4,55 Mio. m³.

Rohholzkategorien 2021

Nadelstammholz

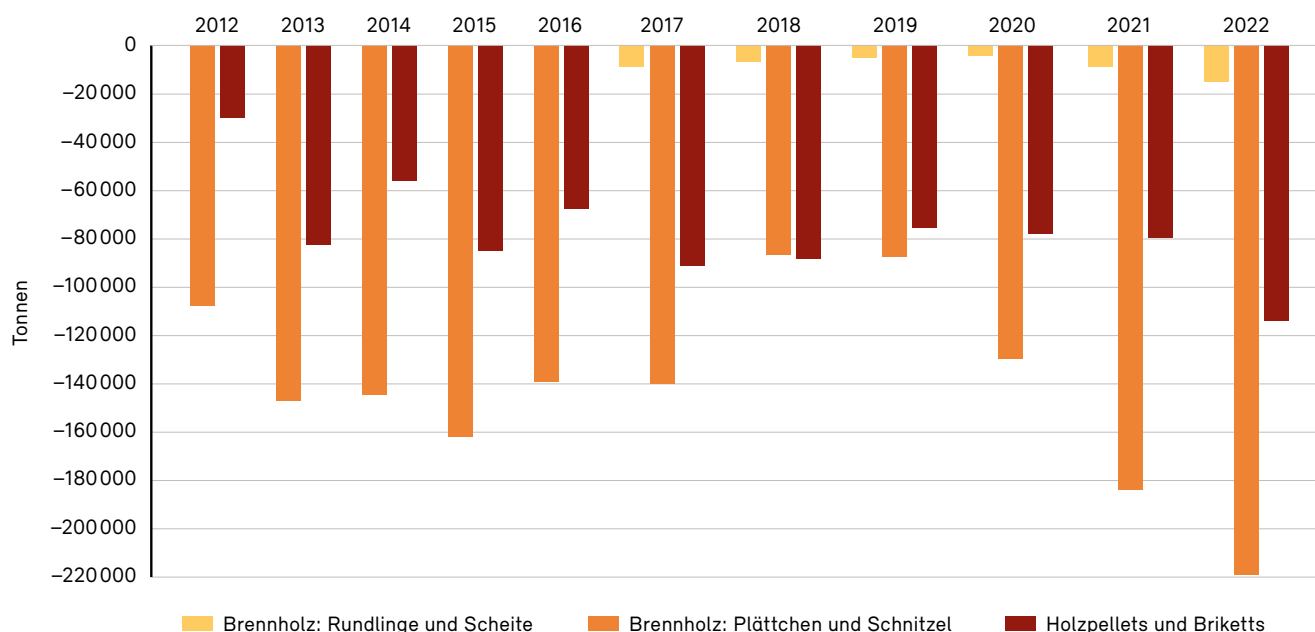
Die Einfuhren sind 2021 gegenüber dem Vorjahr um 3,6 % auf 38 300 Kubikmeter feste Holzmasse oder 34 500 Tonnen gesunken. Am meisten lieferte Deutschland mit einem Anteil von 91,7 %. Die Ausfuhren waren rund zehnmal so hoch wie die Einfuhren und legten nach Rückgängen in den beiden Vorjahren um 25,3 % auf 324 600 Kubikmeter oder knapp 292 400 Tonnen stark zu. Am meisten bezog Italien mit einem Anteil von 51,5 %.

Nadelschnittholz

Die Einfuhren haben um 2,3 % auf 299 900 Kubikmeter zugenommen. Am meisten lieferten 2021 Deutschland (33,7 %) und Österreich (30,9 %). Die Ausfuhren legten um 8,8 % auf 214 600 Kubikmeter zu und erreichten damit den höchsten Stand seit 2010. Am meisten bezog wie beim Nadelstammholz Italien (40,9 %), gefolgt von Frankreich (39,4 %). Eine starke Zunahme haben auch die Exporte nach Asien verzeichnet.

Abbildung 6.8.1

Aussenhandelssaldo der Brennholzkategorien in Tonnen von 2012 bis 2022. Die Kategorie Rundlinge und Scheite wird erst seit 2017 erfasst.



Quelle: Aussenhandelsstatistik BAZG

Laubstammholz

Die Einfuhren sind gegenüber dem Vorjahr um 15 % auf 27 400 Kubikmeter feste Holzmasse gesunken. Die Ausfuhren dagegen sind 2021 nach einem Rückgang im Vorjahr wieder um 12,2 % auf 149 400 Kubikmeter angestiegen. Ein wichtiger Ausfuhrmarkt blieb mit einem Anteil von 20,4 % der asiatische Raum, der nach Italien (41,7 %) und Deutschland (21,2 %) bereits an dritter Stelle folgte. Allein China erreichte einen Anteil von 13,8 %.

Laubschnittholz

Mit rund 45 400 Kubikmetern wurde 2,9 % mehr importiert als im Vorjahr. 24,8 % der Einfuhren stammten 2021 aus Deutschland, gefolgt von Österreich (23,1 %) und Frankreich (20,5 %). Die rund halb so hohen Ausfuhren haben um 11,3 % auf 22 800 Kubikmeter zugenommen, am meisten bezog Italien (45,1 %). Nach 16,0 % im Vorjahr wurden lediglich 5,0 % nach Asien geliefert.

Industrieholz und Restholz

Nach drei Jahren haben die Einfuhren von Nadelindustrieholz 2021 wieder zugenommen, nämlich um 32,0 % auf

19 800 Kubikmeter. Dieser Wert lag jedoch deutlich unter dem Durchschnitt der letzten Dekade. Die Ausfuhren haben sich nach einem starken Vorjahresrückgang bei 53 900 Kubikmetern stabilisiert und erreichten das Niveau von 2016. Beim Laubindustrieholz sind sowohl die Importe als auch die Exporte um 25,4 % bzw. 38,0 % stark gesunken.

Altholz

Nach Rückgängen in den vorangegangenen Jahren sind die Einfuhren 2021 auf 1900 Kubikmeter angestiegen. Die Ausfuhren sind weiter stark um 14,8 % auf 466 000 Kubikmeter gesunken, blieben aber mit über 10,4 % Anteil ein bedeutender Posten beim Gesamtexport von Holz und Holzprodukten.

Energieholz

Die Einfuhren sind in der vergangenen Dekade stetig angestiegen und resultierten in einem negativen Handelssaldo bei vielen Brennholzprodukten (Abb. 6.8.1). 2022 wurden insgesamt 346 467 Tonnen mehr Energieholz importiert als exportiert, was einer Menge von rund 610 000 Festmetern Holz entspricht. Besonders hoch war der negative Saldo bei den Hackschnitzeln und den Pellets.

6.9 Erholung im Wald

Tessa Hegetschweiler, Marcel Hunziker, Boris Salak, Jean-Laurent Pfund

- Der Wald war, ist und bleibt ein wichtiger Naherholungsraum, insbesondere für Menschen, die im urbanen und periurbanen Raum wohnen. In Städten tragen Bäume, Grünräume und stadtnahe Wälder entscheidend zur Lebensqualität bei.
- Die Bevölkerung schätzt den Wald, den sie am häufigsten besucht. Jedoch hat die Zufriedenheit mit den Waldbesuchen in der letzten Dekade abgenommen, und wahrgenommene Störungen nahmen zu.
- Aufgrund des Bevölkerungswachstums und der Innenverdichtung in den Städten ist eine Zunahme der Erholungsnutzung des Waldes zu erwarten. Dies stellt das Management der stadtnahen Wälder vor Herausforderungen.

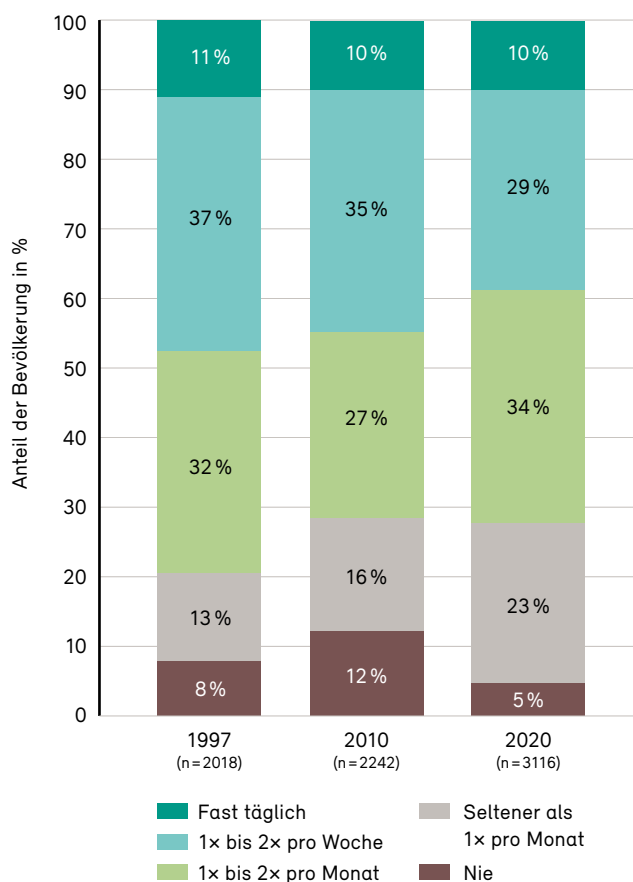
Bevölkerung im Wald

In der Schweiz erreichen 80 % der Bevölkerung den nächstgelegenen Wald von ihrem Wohnort aus in 15 Gehminuten (BAFU/WSL 2022). Laut der im Jahr 2020 bereits zum dritten Mal durchgeführten Bevölkerungsumfrage Waldmonitoring soziokulturell (WaMos3) gehen 10 % der Menschen fast täglich in den Wald (BAFU 2022d). 29 % besuchen ihn ein- bis zweimal pro Woche und 34 % ein- bis zweimal pro Monat (Hegetschweiler et al. 2022). Neben WaMos gibt auch das Landesforstinventar (LFI) Auskunft über die Nutzung des Waldes als Freizeit- und Erholungsraum. Darin werden die Revierförsterinnen und -förster befragt, unter anderem zu den Wald- und Vorrangfunktionen sowie zur Intensität, Saisonalität und Art der Erholungsnutzung im Umkreis von 100 Metern um die LFI-Probeflächen. Die Ergebnisse des LFI4 (2009–2017) zeigen, dass ein immer grösserer Teil der Schweizer Waldfläche für Freizeit- und Erholungsaktivitäten genutzt wird und dass sowohl die Besuchsfrequenz als auch die Zahl der verschiedenen Aktivitäten zunehmen (Fischer et al. 2020, Hegetschweiler et al. 2021).

Seit dem zweiten Waldmonitoring im Jahr 2010 (WaMos2; BAFU/WSL 2013, Hunziker et al. 2012) hat eine Verschiebung bei der Zahl der gelegentlichen Waldbesuche von ein- bis zweimal pro Woche hin zu weniger Besuchen (ein- bis zweimal pro Monat) stattgefunden (Abb. 6.9.1).

Abbildung 6.9.1

Häufigkeit der Waldbesuche gemäss Umfragen von 1997 (WaMos1), 2010 (WaMos2) und 2020 (WaMos3).



Quelle: Hegetschweiler et al. 2022

Hingegen hat die Anzahl der Personen, die nie in den Wald gehen, über die Jahre abgenommen. Insgesamt bleibt damit die Besuchshäufigkeit pro Kopf im Mittel konstant, und dies seit über vierzig Jahren. Dass im LFI4 dennoch eine Zunahme der Besuchsfrequenz festzustellen ist, lässt sich mit der Bevölkerungszunahme in der Schweiz erklären (BFS 2020). Allerdings hat die durchschnittliche Zeitdauer des Aufenthalts im Wald seit 1997 stetig abgenommen (WaMos1; BUWAL 1999). Diese lag im WaMos1 bei 106 Minuten, im WaMos2 bei 90 Minuten und im WaMos3 bei 79 Minuten.

Bevorzugte Tätigkeiten im Wald und Motivationen für Waldbesuche

Über 90 % der Bevölkerung gefällt der Wald, den sie am häufigsten besuchen, «eher gut» bis «sehr gut». Im Vergleich zu WaMos2 hat der Anteil der Personen, denen der Wald «sehr gut» gefällt, allerdings von 58 % auf 40 % abgenommen. Es zeigt sich, dass wie schon im WaMos2 Mischwald am attraktivsten ist. Das Vorkommen einer Strauchschicht gefällt der Bevölkerung im WaMos3 besser als noch im WaMos2. Gestiegen ist auch die Beliebtheit von Totholz, dies jedoch weiterhin auf einem tiefen Niveau. Waldränder mit grossen Bäumen und solche mit Sträuchern gefallen ungefähr gleich gut. Allerdings hat die Beliebtheit von Waldrändern mit grossen Bäumen im WaMos3 gegenüber dem WaMos2 leicht abgenommen. Auch wird in der Umfrage von 2020 die Infrastruktur zur Erholung im Wald geringer geschätzt als noch 2010, abgesehen von Wegen, Bänken und Finnenbahnen oder Laufstrecken. 83 % der Bevölkerung sind mit der Quantität der Infrastruktur zufrieden, sie wünschen weder mehr noch weniger Infrastruktur im Wald.

Die Leute gehen hauptsächlich in den Wald, weil sie die gute Luft geniessen, die Natur erleben, etwas für ihre Gesundheit tun oder dem Alltag entfliehen wollen. Auffallend ist, dass nur das Motiv «allein sein» seit WaMos2 zugenommen hat. Zu den genannten Motiven passt, dass «spazieren/wandern» die häufigste Aktivität ist, gefolgt von «Natur beobachten» und «einfach sein / Ruhe geniessen / Seele baumeln lassen / Spirituelles», wobei die letzten beiden Aktivitäten vermutlich in Kombination mit «spazieren/wandern» ausgeübt werden.

Insgesamt sind 88 % der Bevölkerung «eher» bis sogar «absolut zufrieden» mit ihren Waldbesuchen. Waldbesuche haben eine entspannende Wirkung auf den grössten Teil der Bevölkerung. In Städten tragen Bäume, Grünräume und stadtnahe Wälder entscheidend zur Lebensqualität bei. Die Störungen bei der Erholung haben allerdings zugenommen. Während im WaMos2 noch 74 % der Bevölkerung angaben, sich im Wald zu keiner Zeit gestört zu fühlen, liegt dieser Anteil im WaMos3 bei 54 %. Parallel zum Bevölkerungswachstum hält der Trend des zunehmenden Wahrnehmens von Störungen im Wald an.

Waldtherapien, Erlebnispfade und Waldschulen

Die steigende Zahl der Erholungssuchenden, die Diversifizierung der Freizeitaktivitäten, die Zunahme der wahrgenommenen Störungen und die Veränderungen von Präferenzen zeigen, dass das Monitoring der Erholungsnutzung im Wald auch in Zukunft wertvolle Erkenntnisse liefern kann. Neue Trends können sich unter Umständen rasch etablieren und viele Menschen anziehen. Ein systematisches Monitoring kann die neuen Trends frühzeitig erkennen und die Grundlagen für das Management der Erholungswälder bereitstellen. Gegenwärtig sind Waldtherapien, Erlebnispfade und E-Fahrzeuge im Wald im Aufschwung. Auch Waldschulen und Waldtage von Schulklassen zeigen eine klare Aufwärtstendenz (Kap. 6.11). Die Besuchendenlenkung, die Bereitstellung der Infrastruktur, die Gewährung der Sicherheit und Barrierefreiheit im Wald zählen dabei zu den grossen Herausforderungen des Waldmanagements. Parallel dazu steigt das Bedürfnis der Erholungssuchenden, über die Bewirtschaftung des Waldes informiert zu werden. Die zunehmende Kommunikation und der Einbezug der Bevölkerung in partizipative Prozesse bieten Chancen für die Sensibilisierung, stellen aber auch hohe Anforderungen an das Personal (Wilkes-Allemann et al. 2022). In jedem Fall wird der Wald für die Bevölkerung auch in Zukunft eine grosse Rolle als Erholungsraum spielen.

6.10 Wald und Kulturerbe

Jean-Laurent Pfund

- Das kulturelle Erbe der Schweiz ist eng mit dem Wald verbunden.
- Der Wald ist im immateriellen Kulturerbe durch Traditionen und Folklore sowie im materiellen Kulturerbe durch besondere Wälder und die Waldumgebung bestimmter Objekte präsent. 2021 sind Schweizer Buchenwälder in die Unesco-Welterbeliste aufgenommen worden.
- Derzeit ist eine Rückbesinnung der Bevölkerung auf die Natur zu beobachten, durch die auch Wälder und Bäume wieder stärker in die Kultur integriert werden. Die Erforschung der kulturellen Werte des Waldes und deren Integration in die Waldentwicklungsplanung könnten durch eine breitere Partizipation der Bevölkerung gefördert werden.

Kultur wird als die Gesamtheit der unverwechselbaren geistigen und materiellen, intellektuellen sowie emotionalen Merkmale betrachtet, die eine Gesellschaft oder eine soziale Gruppe prägen. Das immaterielle Kulturerbe umfasst Traditionen und Praktiken, die mit der kulturellen Identität verbunden sind. Das Bundesamt für Kultur hat 2017 die «Liste der lebendigen Traditionen in der Schweiz» aktualisiert (BAK 2017). Dazu gehören auch Kulturformen, die dem Bereich Wald und Holz traditionell nahestehen, wie Schwingen im Sägemehl oder Schindelmachen in den Kantonen Freiburg und Waadt. Im städtischen Umfeld wird die Kastanie auf der Treille in Genf gefeiert, die den Frühling ankündigt, und der Maibaum in den Kantonen Aargau und Basel-Landschaft.

Das materielle Erbe umfasst die von Menschen geschaffenen Kulturgüter sowie aussergewöhnliche Naturlandschaften. Die Unesco-Welterbekonvention zählt dreizehn Schweizer Objekte dazu. Davon betreffen den Wald die Buchenwälder des Lodano-Tals im Tessin und des Bettlachstocks im Kanton Solothurn, die 2021 in die Liste aufgenommen worden sind (Unesco 2021). Der Wald bietet darüber hinaus einen schützenden Raum für rund hundert weitere Objekte, z. B. prähistorische Hügelgräber in Wäldern und Waldfriedhöfe.

Unsere Kultur stützt sich auf die Vergangenheit, aber sie bleibt lebendig durch die gegenwärtig erfahrenen Lebensweisen und Überzeugungen. Ein internationales Forschungsteam hat in dreizehn Ländern, darunter die Schweiz, die spirituellen Werte des Waldes in Abhängigkeit unter anderem der Waldbedeckung analysiert (Roux et al. 2022). Dabei wurden vier Zustandsphasen und die jeweiligen Übergänge anhand von Indikatoren untersucht. Gemäss der Transitionshypothese der Forschenden kündigt sich nach einer Zeit eines eher ökonomisch geprägten rationalen Managements der Natur eine Rückbesinnung auf immaterielle Werte der Natur an. Tatsächlich ist in der Schweiz derzeit eine Zunahme von Aktivitäten mit waldspirituellem und waldtherapeutischem Hintergrund zu beobachten (Kap. 6.9). Diese Übergangsphase könnte für die Walderhaltung hilfreich sein. Die Erforschung der kulturellen und spirituellen Werte des Waldes und ihre Integration in die Waldentwicklungsplanung könnten mit einer breiteren Partizipation der Bevölkerung gefördert werden.

Abbildung 6.10.1

Die Natur inspiriert die Menschen: Durch einfaches Umordnen von vorhandenen Naturmaterialien entstehen Orte des Staunens (Elfenau, Bern). Foto: Andreas Bernasconi



6.11 Waldpädagogik

Gerda Jimmy

- Auf Kindergarten- und Primarschulstufe wird der Wald zunehmend als Lernraum genutzt.
- Im Bereich der Pädagogik bietet der Wald für den Unterricht in verschiedenen Fächern einen Mehrwert.
- Auch Lehrpersonen auf der Sekundarschulstufe wollen den Wald stärker in den Unterricht integrieren und ihn vermehrt als Lernort nutzen.

Der Wald wird zunehmend als Ort für pädagogische Aktivitäten genutzt. Im Kindergarten werden regelmässig Waldtage durchgeführt, und Primarschulklassen verbringen immer öfter Lektionen im Wald, häufig in Zusammenarbeit mit der Waldbranche. Daneben werden nach wie vor Projekte nachgefragt, in denen Schulklassen unter Aufsicht einer Waldfachperson bei der Pflege eines Waldstückes mitwirken. Führungen von Forstbetrieben stossen auf ein grosses Echo, und kantonale Waldämter haben im Bereich der Waldpädagogik neue Stellen geschaffen.

Auf Primarschulstufe wurde in den letzten Jahren ein steigendes Interesse am Wald als Lernort über die klassische Waldpädagogik hinaus festgestellt (C. Stocker, Stiftung Silviva, persönliche Mitteilung, 27.2.2023). Denn im Wald können neben dem Waldwissen auch andere Fächer wie Mathematik in anschaulicher Weise vermittelt werden. So existiert im Rahmen des Programms «Draussen unterrichten» der Stiftung Silviva und des WWF ein Lehrmittel mit zahlreichen Umsetzungsideen sowie eine Plattform für Austausch- und Fortbildungsmöglichkeiten. In anderen europäischen Ländern ist ein ähnlicher Trend feststellbar, wie Erfahrungen im European-Forest-Pedagogics-Netzwerk zeigen (C. Stocker, Stiftung Silviva, persönliche Mitteilung, 27.2.2023).

Noch kaum behandelt wird der Wald als Lernstoff auf Sekundarschulstufe, wie eine vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) in Auftrag gegebene Studie zeigt (Probst et al. 2021). Insbesondere fehlten in den Lehrmitteln Inhalte über den Schweizer Wald, und es wird wenig Wissen über den Wald vermittelt. Die Lehrpersonen bekundeten jedoch ein grosses Interesse einerseits an Aktivitäten und Führungen im Wald und andererseits auch daran, das Thema vermehrt in ihren Unterricht einzubauen.

Allgemein bietet das Interesse an Waldpädagogik eine Gelegenheit, den Wald als schützenswertes Ökosystem auch den nachkommenden Generationen nahezubringen.

Abbildung 6.11.1

Der Wald als Lernraum bietet vielfältige Möglichkeiten, beispielsweise durch das Ansprechen verschiedener Sinne. Foto: BAFU





Glossar

A

Abiotisch

Vorgänge und Faktoren, an denen keine Lebewesen beteiligt sind. Abiotische → Standortfaktoren sind Faktoren der Umwelt, die nicht von Lebewesen beeinflusst werden, z. B. Witterung oder Gestein. → Biotisch

Aerosol

Feste oder flüssige Schwebeteilchen in der Luft.
→ Feinstaub

Altholz (Holzwirtschaft)

Holz, das aus dem Nutzungsprozess ausgeschieden ist. Es stammt z. B. aus dem Abbruch von Gebäuden oder der Entsorgung von Möbeln und Verpackungen. Je nach Herkunft naturbelassen oder behandelt.

Altholz (Waldwirtschaft)

Entwicklungsstufe eines Bestandes, bei dem die 100 stärksten Bäume pro Hektare einen → Bruthöhendurchmesser (BHD) von durchschnittlich mindestens 50 cm haben. Entspricht der Entwicklungsstufe «starkes Baumholz» im → LFI.

Altholzinsel

In der Regel 1 bis 5 ha grosser Bestand aus vorwiegend älteren Bäumen, die bis zum natürlichen Zerfall stehen gelassen werden. Altholzinseln dienen der Anreicherung von waldwirtschaftlichem Altholz und → Totholz im bewirtschafteten Wald.

Ammoniak (NH₃)

Stechend riechende, giftige, gasförmige Stickstoffverbindung. In die Umwelt gelangt Ammoniak vorwiegend aus der Landwirtschaft (Gülldüngung, Tierhaltung).

Autochthone Pflanzen

Einheimische Pflanzen, die in ihrem Verbreitungsgebiet natürlich entstanden sind oder dieses ohne direkte oder indirekte Einführung oder menschliche Eingriffe besiedelt haben.

B

Base

Chemische Verbindung, die → Protonen aufnehmen kann. Eine Base kann eine → Säure neutralisieren.

Basensättigung

Prozentanteil → basischer Kationen an der → Kationenaustauschkapazität des Bodens. Eine hohe Basensättigung bedeutet meist eine gute Nährstoffverfügbarkeit für Pflanzen, eine niedrige ist charakteristisch für saure Böden.

Baumschicht

Primär von Bäumen gebildete Vegetationsschicht. Die Baumschicht bestimmt Aufbau und Struktur des Waldes, enthält den grössten Anteil seiner Biomasse und steuert viele wichtige → Ökosystemleistung und -funktionen.
→ Strauchschicht

BC/Al-Verhältnis

Verhältnis der → basischen Kationen Ca, Mg und K (base cations = BC) zu anorganischem Aluminium (Al) in der → Bodenlösung. Mass für die → Bodenversauerung.

Bestand

Baumkollektiv, das sich von der Umgebung durch Baumartenzusammensetzung, Bestandesalter oder Aufbau wesentlich unterscheidet. Der Bestand stellt die kleinste räumliche Einheit waldbaulichen Handelns und der → Waldinventur dar.

Bestand, gedrängter

→ Bestand, in dem die Baumkronen in engem Kontakt zueinander stehen und sich gegenseitig beeinflussen, was sich häufig in deformierten Kronen zeigt. → Schlussgrad

Bestandesstruktur

Vertikaler Aufbau eines Bestandes, der über die Anteile der Bestandesschichten (Ober-, Mittel- und Unterschicht) als einschichtig, mehrschichtig, stufig oder rottenförmig definiert wird.

Biodiversität

Oberbegriff für die Vielfalt der → Ökosysteme (Lebensräume, Lebensgemeinschaften) und deren Prozesse, für die Vielfalt der Arten sowie für die genetische Vielfalt innerhalb der Arten.

Biodiversitätsmonitoring (BDM)

Projekt des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) zur Überwachung der → Biodiversität in der Schweiz. Im BDM wird auf Stichprobenflächen regelmässig die Anzahl von Tier- und Pflanzenarten erhoben. Zeigt auf, wie sich die Biodiversität entwickelt.

Biomasse

Gesamtheit aller organischen Stoffe pflanzlichen oder tierischen Ursprungs, auch des abgestorbenen Materials, in einem → Ökosystem.

Biotisch

Vorgänge und Faktoren, an denen Lebewesen beteiligt sind. Biotische → Standortfaktoren sind Faktoren der Umwelt, die von Lebewesen beeinflusst werden, z. B. Konkurrenz, Schadorganismen oder Verbiss. → Abiotisch

Bodenlösung

Wasseranteil des Bodens inkl. der darin gelösten Stoffe. Die Bodenlösung erfüllt die wichtige Funktion des Transport- und Reaktionsmediums im Boden.

Bodenversauerung

Prozess, bei dem die Konzentration von → Säuren im Boden zunimmt. Durch → Verwitterung von puffernden Substanzen und durch Kationenaustausch können Böden bis zu einem gewissen Grad Säuren neutralisieren. Wird einem Boden z. B. durch Luftschadstoffe mehr Säure zugeführt, als er puffern kann, vermindert sich seine Pufferkapazität. Der → pH-Wert des Bodens fällt, die → Basensättigung nimmt ab, und die von den Säuren freigesetzten → Protonen können Nährstoffe aus dem Boden verdrängen. Ein versauerter Boden kann deshalb Pflanzen schlechter ernähren als ein neutraler oder basischer Boden. → Kationenaustauschkapazität

Brusthöhendurchmesser (BHD)

Stammdurchmesser auf 1,3 m Höhe über Boden.
→ Mittendurchmesser

Bruttowertschöpfung

Wert aller in einem Jahr produzierten Waren und Dienstleistungen eines Landes nach Abzug der Vorleistungen, d. h. der im Produktionsprozess verbrauchten, verarbeiteten oder umgewandelten Waren oder Dienstleistungen.

Bruttozuwachs

Siehe → Zuwachs

Burglind

Wintersturm, der am 3. Januar 2018 über die Schweiz zog. Burglind war der stärkste Wintersturm seit → Lothar 1999 und hat vor allem im Jura und im Flachland der Alpennordseite rund 1,3 Millionen Kubikmeter Holz gefällt.

C**Critical Load**

Kritische Belastungsrate für Schadstoffeinträge (Schwefel- und Stickstoffverbindungen, Schwermetalle) aus der Atmosphäre, die ein → Ökosystem nach heutigem Stand des Wissens gerade noch verkraften kann, ohne langfristig geschädigt zu werden.

D**Dauerwald**

Betriebsform eines → Bestandes. Dabei wird der Wald nicht durch flächige Holzschläge, sondern durch Entnahme einzelner hiebsreifer Bäume (→ Plenterwald) oder kleiner Baumgruppen (Gruppen- und Gebirgsplenterwald) verjüngt. Dies führt zu einem ungleichförmigen Wald, in dem auf kleinen oder sogar kleinsten Flächen alle Baumgenerationen nebeneinander auftreten. → Femelschlag

Deckungsgrad

Verhältnis der durch die vertikalen Kronenprojektionen überschirmten Fläche zur Gesamtfläche eines Bestands bzw. einer beurteilten Fläche. Mehrfach überschirmte Flächen werden einfach gezählt. Der Deckungsgrad kann 100 % nicht überschreiten. → Schlussgrad, → Walddefinition

Dürrständer

Stehender toter Baum, im → LFI toter Baum oder Strauch ab 12 cm → Brusthöhendurchmesser (BHD).

E**Energieholz**

Holz, das thermisch für die Energiegewinnung – also durch Verbrennung – genutzt werden soll. Energieholz wird als klassisches Brennholz (→ Stückholz), Hackschnitzel, Holzbriketts oder Holzpellets verwendet. Nach der Herkunft wird unterschieden zwischen Waldholz, → Flurholz, → Restholz, Plantagenholz und → Altholz.

Energieholzpotenzial

Holzmenge, die energetisch genutzt werden kann. Dabei ist zu unterscheiden zwischen dem theoretischen Potenzial und dem nachhaltigen Potenzial. Während Ersteres eine nur in der Theorie erreichbare Obergrenze widerspiegelt (z. B. den → Zuwachs), zeigt Letzteres das verfügbare Potenzial unter Berücksichtigung der rechtlichen, politischen, ökologischen, technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen.

Entwicklungsstufe

Etappe der Bestandesentwicklung, die durch die mittlere oder dominante Baumgrösse (Durchmesser oder Höhe) definiert wird. Im → LFI werden auf der Grundlage des dominanten → Brusthöhendurchmessers (BHD_{dom}) die Entwicklungsstufen → Jungwuchs/Dickung (< 12 cm), Stangenholz (12–30 cm) sowie schwaches (31–40 cm), mittleres (41–50 cm) und starkes Baumholz (> 50 cm) unterschieden.

Ex-situ-Erhaltung

Erhaltung einer Art ausserhalb ihres natürlichen Lebensraums, z. B. 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 entstehen (Verbrennung, mechanischer Abrieb, sekundäre Bildung aus gasförmigen Vorläuferschadstoffen). → Aerosole

Femelschlag

Betriebsform eines → Bestandes. Dabei wird der Wald durch die Kombination verschiedener Hiebsarten (Schirmhieb, Femelhieb, Saumhieb) flächig verjüngt, in der Schweiz i. d. R. kleinflächig. Es entstehen Bestände mit → Entwicklungsstufen, die sich aufgrund ihrer Baumdimensionen klar voneinander abgrenzen. → Dauerwald, → Plenterwald

Festmeter (Fm)

Masseinheit für → Rundholz. Ein Festmeter entspricht einem Kubikmeter fester Holzmasse, meistens ohne Rinde. Die Masseinheit wird für das geerntete und verkaufte Rundholz verwendet.

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. Wird auch Landschaftsholz genannt. Umfasst Holz aus dem Siedlungsgebiet, von Strassen- oder Uferböschungen sowie aus der Pflege von Hecken oder Einzelbäumen.

Forest Europe

Zusammenschluss von 45 europäischen Ländern und der EU-Kommission zum Schutz und zur nachhaltigen Bewirtschaftung der Wälder in Europa.

Forstbetrieb

Organisationseinheit der Waldwirtschaft, die den Wald als öffentlich-rechtliche oder privatrechtliche juristische oder natürliche Person unter einheitlicher strategischer und operativer Führung bewirtschaftet. Ein Forstbetrieb kann aus einer oder mehreren Waldeigentümerschaften bestehen. In der Schweiz werden die Forstbetriebe meistens von der öffentlichen Hand, z. B. einer politischen Gemeinde, getragen. Um in der → Schweizerischen Forststatistik des Bundesamtes für Statistik als Forstbetrieb zu gelten, müssen die Forstbetriebe über eine konsolidierte Rechnung über die bewirtschaftete Fläche sowie über eine minimale Waldfläche verfügen (Mittelland: 150 ha, Jura: 200 ha, Voralpen: 250 ha, Alpen und Alpensüdseite: 500 ha).

Forstdienst

Fachstelle der Verwaltung von Bund und Kantonen, welche den Vollzug der Waldgesetzgebung sicherstellt. In den Kantonen sind die Waldgebiete in Forstkreise und Forstreviere eingeteilt.

Forststatistik, Schweizerische

Jährliche Erhebungen des Bundesamtes für Statistik über die Menge des an der Waldstrasse bereitgestellten Holzes nach Sortiment und Holzart, über Pflanzungen und über betriebliche Finanzdaten (ohne Kleinwaldbesitzende). Die Erhebungen erfolgen als Vollerhebung bei allen Forstbetrieben und als Teilerhebungen beim → forstwirtschaftlichen Testbetriebsnetz (TBN).

Forstwirtschaftliches Testbetriebsnetz (TBN)

Systematische Erhebung bei 160 öffentlichen Forstbetrieben über deren wirtschaftliche Situation. Die nach Forstzonen und für die gesamte Schweiz erhobenen Daten lassen Rückschlüsse auf die Gesamtbranche zu.

Forstzonen

Durch unterschiedliche Wuchs- und Holzproduktionsbedingungen definierte Region. Die Schweiz ist in die Forstzonen Jura, Mittelland, Voralpen, Alpen und Alpensüdseite aufgeteilt. Im → LFI auch Produktionsregionen genannt.

Fotosynthese

Biochemischer Prozess, bei dem Pflanzen die Energie des Sonnenlichts nutzen, um aus → Kohlendioxid (CO₂) und Wasser Glukose und Sauerstoff herzustellen und so → Biomasse aufzubauen.

FSC

Abkürzung für Forest Stewardship Council. Internationale Organisation von Umweltverbänden, indigenen Völkern sowie der Wald- und Holzwirtschaft, gegründet 1993. Fördert die ökologisch und sozial nachhaltige Nutzung des Waldes und zeichnet entsprechend produziertes Holz mit dem FSC-Label aus. → PEFC

G**Gebüschwald**

→ Bestand, dessen Fläche gemäss → LFI zu mehr als zwei Dritteln mit Sträuchern bedeckt ist. Als Gebüschwald gelten insbesondere Grünerlen- und Legföhrenwälder, aber auch Hasel(nieder)wälder und ähnliche Bestockungen.

Gefässpflanzen

Pflanzen, die über eine Art stabiles Röhrensystem (Tracheen) für den Wassertransport verfügen. Gefässpflanzen sind dreiteilig und bestehen aus Wurzeln, einer Sprossachse und den Blättern. Unterteilt in Gefässsporenpflanzen (Farne, Schachtelhalme) und Samenpflanzen (Bäume, Sträucher, Gräser, Blumen).

Generhaltungsgebiete

Räumlich definierte Waldgebiete, die für die langfristige Erhaltung der genetischen Vielfalt wichtiger Hauptbaumarten ausgeschieden und geschützt werden.

Genetische Ressourcen

Vorhandene genetische Vielfalt in natürlichen Beständen oder in → Ex-situ-Erhaltung.

Genfluss

Ausbreitung des Erbgutes innerhalb und zwischen Populationen, bei Pflanzen durch Pollen und Samen.

Gesamtholzvolumen

→ Schaftholz aller lebenden und toten (stehenden und liegenden) Bäume und Sträucher ab 12 cm → Brusthöhendurchmesser (BHD). Das Gesamtholzvolumen setzt sich zusammen aus dem → Vorrat (Holzvorrat) und dem Volumen des → Totholzes.

Giganten

Bäume mit einem → Brusthöhendurchmesser (BHD) von über 80 cm. Sie sind ökologisch besonders wertvoll, weil sie wegen ihres grossen Holzvolumens, der dicken Borke und der meist sehr mächtigen und stark strukturierten Krone → Habitate für viele Tier- und Insektenarten bieten.

Grundwasserschutzzone

Wichtigstes Planungsinstrument zum Schutz des Trinkwassers. Die Kantone sind verpflichtet, um alle Grundwasserfassungen von öffentlichem Interesse Schutzzonen mit abgestuftem Schutzgrad auszuscheiden. Die Zone S1 dient dem unmittelbaren Schutz der Trinkwasserfassung. Die Zone S2 schützt die Trinkwasserfassung vor schädlichen Einflüssen und baulichen Eingriffen. Die Zone S3 ist eine Pufferzone im Übergang zum anschliessenden Gewässerschutzbereich und enthält Nutzungsbeschränkungen und Massnahmen zur Gefahrenabwehr. Stark heterogene Karst- oder Kluft-Grundwasserleiter werden seit 2017 zusätzlich mit den Zonen Sh (h = hohe Vulnerabilität) und Sm (m = mittlere Vulnerabilität) geschützt.

H

Habitat

Lebensraum einer Pflanzen- oder Tierart, der die Gesamtheit der ökologischen Umweltfaktoren einer Lebensgemeinschaft umfasst.

Habitatbaum

Auch Biotopbaum genannt. Lebender Baum mit Habitatstrukturen wie Spechthöhlen, → Mulmhöhlen, Horsten von Grossvögeln (Greifvögeln und Eulen), Pilzkonsolen, Blitzrinnen, abgestorbenen, grossen Ästen in der Krone, Mulm- und Rindentaschen oder oberflächlichem Saftfluss.

Heterozygotie

Individuen, die an einem Genort unterschiedliche mütterliche und väterliche Erbanlagen (Allele) aufweisen, sind bezüglich des untersuchten Genortes heterozygot. Der Heterozygotiegrad (in %) gibt an, wie viele Genorte bei einem Einzelbaum heterozygot sind beziehungsweise wie gross dieser Wert im Durchschnitt für alle Bäume einer Population ist. Er wird als Mass für die genetische Vielfalt innerhalb von Populationen verwendet.

Hochwald

Grundform eines → Bestandes, dessen Bäume überwiegend Kernwüchse (Bäume aus Samen oder Stecklingen) sind. Unterschieden wird zwischen dem gleichförmigen Hochwald und dem → Plenterwald. Ersterer besteht aus homogenen, räumlich und zeitlich klar abgrenzbaren Beständen mit schichtiger Struktur, in denen der Hauptbestand der Bäume ähnliche → Brusthöhendurchmesser (BHD) aufweist und somit einer → Entwicklungsstufe zugeordnet werden kann. In der Betriebsform schlagweiser Hochwald erfolgt die → Verjüngung am Ende der → Umtriebszeit durch flächige Holzschläge. → Niederwald, → Mittelwald

Holzernte

Entnahme von Bäumen aus dem Wald. Der Prozess der Holzernte setzt sich zusammen aus der Holzhauerei (Fällen und Bearbeiten, Entasten und Einschneiden), dem Rücken und Poltern der Stämme und Bäume (Transport an die Waldstrasse) sowie deren Lagerung an geeigneten Plätzen bis zum Strassentransport ins Werk. → Rückegasse

Holzvorrat

Siehe → Vorrat (Holzvorrat)

Humus

Gesamtheit der abgestorbenen kohlenstoffhaltigen (organischen) Bodensubstanz in der organischen Auflage und im Boden (0–100 cm Tiefe). → Oberboden

I**Indikator**

Einfache, messbare Kenngrösse für komplexe Sachverhalte, Systeme oder Prozesse. Im → LFI repräsentieren die Indikatoren Merkmale mit besonderem Informationsgehalt bezüglich jener → Kriterien, die zur Beurteilung der Nachhaltigkeit verwendet werden.

Industrieholz

Rohholz, das mechanisch zerkleinert oder chemisch aufgeschlossen wird. Dient der Herstellung von Holzschliff oder Zellstoff für die Papierherstellung, von Holzwolle, Span- und Faserplatten sowie von anderen industriellen Produkten.

In-situ-Erhaltung

Gezielte Erhaltung einer Art in ihrem natürlichen Lebensraum. → Ex-situ-Erhaltung

Integrale Wald- und Holzstrategie 2050

Nationale Strategie, die ab 2025 die Waldpolitik und die Ressourcenpolitik Holz ablösen und zusammenführen soll. Beinhaltet einen ganzheitlichen Ansatz (Gleichgewicht von Schutz- und Nutzungsaspekten) unter Berücksichtigung aller sektoralen Ziele (Klima, Energie, Biodiversität, Raumplanung, regionale Wirtschaft, Landwirtschaft, Kreislaufwirtschaft, Sicherheit, Bioökonomie usw.).

Interkantonale Walddauerbeobachtung (WDB)

Forschungsprogramm zur langfristigen Waldbeobachtung, das seit 1984 vom Institut für angewandte Pflanzenbiologie (IAP) im Auftrag von heute dreizehn Kantonen sowie dem BAFU betrieben wird. Dabei wird die Gesundheit und Vitalität der Wälder auf 190 Beobachtungsflächen regelmässig erfasst, insbesondere das Waldwachstum und der Nährstoffhaushalt der Böden.

Invasive Art, nicht einheimische

Eingeführte Art, von der bekannt ist oder angenommen werden muss, dass sie sich in der Schweiz ausbreitet und eine Bestandesdichte erreichen kann, welche die biologische Vielfalt und deren nachhaltige Nutzung beeinträchtigt oder Mensch, Tier oder Umwelt gefährdet.

J**Jungwald**

→ Bestand der → Entwicklungsstufe → Jungwuchs/Dickung und schwaches Stangenholz. Im → LFI zählen alle Bestände mit dominantem → Brusthöhendurchmesser (BHDdom) von weniger als 12 cm zum Jungwald.

Jungwuchs/Dickung

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

K**Käferholz**

Bäume, die von Borkenkäfern befallen sind.

Kaskadennutzung

Konzept der Holznutzung, gemäss dem die Ressource zuerst stofflich genutzt wird, z. B. in Möbeln oder als Bauholz in Häusern, bevor es am Ende des Lebenszyklus energetisch genutzt wird, in dem es zur Gewinnung von Wärme verbrannt wird.

Kationen

Positiv geladene chemische Verbindung. → Kation, basisches, → Kationenaustauschkapazität

Kation, basisches

Kation, dessen Hydroxid (OH^-) eine schwache → Base ist. Dazu gehören die Nährstoffkationen Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ . Englisch: base cation, abgekürzt BC. → BC/Al-Verhältnis

Kationenaustauschkapazität

Mass der Speicherkapazität des Bodens für → Kationen, gemessen als die Menge austauschbarer Kationen (basische Kationen: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ ; saure Kationen: H^+ , Al^{3+} , Fe^{2+}).

Kohlendioxid (CO₂)

Entsteht bei der Verbrennung oder beim Abbau von kohlenstoffhaltigen Ressourcen wie Holz oder Erdöl. Als Treibhausgas ist CO₂ für einen grossen Teil der Klimaerwärmung verantwortlich. Pflanzen binden CO₂ aus der Luft und bauen den → Kohlenstoff (C) in ihre → Biomasse ein. → Fotosynthese

Kohlenstoff (C)

Grundbaustein aller organischen Verbindungen. Bei der Verbrennung von Kohlenstoff oder von kohlenstoffhaltigen Verbindungen entsteht → Kohlendioxid (CO₂).

Kohlenstoffquelle

Gegenteil von → Kohlenstoffsenke.

Kohlenstoffsenke

Reservoir, das → Kohlenstoff (C) aufnimmt und speichert. Wälder nehmen Kohlenstoff durch Waldwachstum und durch Zunahme des in der organischen Auflage, im Boden und im Totholz gespeicherten Kohlenstoffs auf. Bei der Waldnutzung und der Verrottung geben Wälder Kohlenstoff an die Atmosphäre ab. Wenn die Aufnahme von Kohlenstoff höher ist als die Abgabe, wird der Wald zur Kohlenstoffsenke. Die Speicherkapazität von verbaumtem Holz wird in dieser Definition nicht mit einbezogen.

Kolline Stufe

Siehe → Vegetationshöhenstufe

Kriterium

Im Waldbericht 2025 bezeichnet ein Kriterium gemäss → Forest Europe einen Themenbereich bzw. einen Aspekt des Waldes, dessen Zustand oder Eigenschaften mit mehreren → Indikatoren beschrieben oder bewertet werden.

Kronenverlichtung

Verlust der Benadelung oder Belaubung eines Baumes im Vergleich zu einem Referenzwert, wobei die/der Beobachtende die Ursache der Abweichung als unbekannt annimmt. Der Referenzwert entspricht der maximalen art- und standortspezifischen Benadelung oder Belaubung. Die Kronenverlichtung und das Wachstum der Bäume sind die → Indikatoren für die Entwicklung der Waldgesundheit über einen längeren Zeitraum.

Kryptogamen

Blütenlose, sich mit Sporen vermehrende Pflanzen (Moose, Farne, Schachtelhalme) und Pilze.

Kulturerbe, immaterielles

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

L**Landesforstinventar (LFI)**

Stichprobeninventur auf rund 6500 über die ganze Schweiz verteilten Probeflächen. Das LFI erfasst periodisch Zustand und Veränderungen des Waldes. Die Datensammlung ermöglicht statistisch verlässliche Aussagen für die gesamte Schweiz, grössere Kantone und Regionen. Aktuell läuft die fünfte Inventur (LFI5 2018–2026). In den Waldbericht 2025 sind die Resultate der Zwischenauswertung LFI5 (2018–2022) eingeflossen. Die früheren Inventuren fanden 1983–1985 (LFI1), 1993–1995 (LFI2), 2004–2006 (LFI3) und 2009–2017 (LFI4) statt. Seit 2009 werden die Daten kontinuierlich erhoben, wobei jährlich ein Neuntel der Probeflächen aufgesucht wird. Primäre Datenquellen sind Luftbilder, Erhebungen im Wald sowie Umfragen bei → Forstdiensten.

Langfristige Waldökosystemforschung (LWF)

Forschungsprogramm über die langfristigen Auswirkungen von natürlichen sowie von Menschen verursachten Belastungen des Waldes. Die LWF basiert auf einem Netzwerk von Flächen und Messreihen, die Teil des → UNECE-Netzwerkes sind (49 Flächen der → Sanasilva-Inventur auf einem systematischen 16×16-km-Netz und 19 langfristige Forschungsflächen, die mit experimentellen Standorten ergänzt werden).

Lothar

Orkantief, das am 26. Dezember 1999 über West- und Mitteleuropa zog. Der Orkan verursachte in der Schweiz Schäden im Umfang von fast 1,8 Milliarden Franken.

Luftschadstoffe

Schadstoffe, die über die Luft transportiert werden. Dazu gehören → Ozon (O₃), → Ammoniak (NH₃), Stickoxide oder Schwefeldioxid, aber auch Feinstaub. → Aerosol

M

Mittelwald

Waldform mit Elementen des → Niederwaldes und des → Hochwaldes, bestehend aus einer Unterschicht von Stockausschlägen (Bäume aus vegetativer Vermehrung durch Austrieb auf Wurzelstöcken) und einer Oberschicht aus Kernwüchsen (Bäume aus Samen oder Stecklingen), z. T. auch aus in die Oberschicht durchgewachsenen Stockausschlägen. Bewirtschaftungsform, die heute selten ist und vor allem vom frühen Mittelalter bis ins 19. Jahrhundert betrieben wurde.

Mittendurchmesser

Durchmesser von Rundholz, gemessen in der Mitte des Stammes, meist unter der Rinde. → Bruthöhendurchmesser (BHD)

Mulmhöhle

Baumhöhle, in der sich Mulm (Mischung aus stark zersetztem, weichem Holz, Pflanzenresten und Resten von Tierexkrementen) abgelagert hat. Mulmhöhlen bilden ein wertvolles → Habitat für seltene und hochspezialisierte Arten.

Murgang

Niedergang eines langsam bis schnell fließenden Gemischs von Wasser und Feststoffen (z. B. Steine) mit einem hohen Feststoffanteil. → Naturgefahren, gravitative

Mykorrhiza

Symbiose eines Pilzes und einer Pflanze, bei der ein Pilz mit dem Feinwurzelsystem einer Pflanze in Kontakt steht. Die Mykorrhizapilze liefern der Pflanze Nährstoffe und Wasser aus dem Boden und erhalten als Gegenleistung von der grünen Pflanze durch Fotosynthese erzeugte Glukose.

N

Nachhaltigkeit in der Wald- und Holznutzung

Prinzip der Waldbewirtschaftung, das darauf ausgerichtet ist, den Wald und seine vielfältigen Funktionen und Leistungen dauerhaft zu erhalten. → Waldfunktionen, → Waldleistungen

National Prioritäre Arten,

National Prioritäre Lebensräume

Listen mit Tier- und Pflanzenarten sowie mit Lebensräumen, die der Bund als vorrangig für die Artenförderung in der Schweiz definiert hat. Die Bestimmung der Priorität erfolgt aufgrund des Gefährdungsgrads und der Verantwortung der Schweiz für das Überleben einer Art oder eines Lebensraums.

Naturgefahren, gravitative

Hangabwärts gerichtete Bewegungen wie Sturzprozesse, Lawinen, Rutschungen, Murgänge und Hochwasser.

Naturnaher Waldbau

Bewirtschaftung, die sich an der natürlichen Entwicklung des Waldes orientiert. Der naturnahe Waldbau strebt eine standortgerechte Baumartenmischung und horizontal und vertikal reich strukturierte Bestände an und setzt in der Regel auf → Naturverjüngung. Im Gegensatz zum → Naturwald wird der naturnahe Wald genutzt.

Naturverjüngung

Natürlich durch Ansamung oder durch vegetative Vermehrung entstandene → Verjüngung.

Naturwald

Wald, der aus → Naturverjüngung hervorgegangen ist und sich seit längerer Zeit ohne Eingriff des Menschen frei entwickelt. Im LFI werden alle Wälder, die seit mehr als hundert Jahren weder bewirtschaftet noch mit Vieh beweidet werden, die aus reiner Naturverjüngung entstanden sind und die einen naturnahen Nadelholzanteil aufweisen, als Naturwald betrachtet.

Neophyt

Pflanzenart, die nach 1492 (Kolumbus' Fahrt nach Amerika) von Menschen absichtlich oder unabsichtlich in einen Lebensraum ausserhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes eingebracht wurde.

Nettozuwachs

→ Zuwachs des Holzvolumens abzüglich des Volumens der Mortalität.

Niederwald

Grundform eines → Bestandes, dessen Bäume aus Stockausschlägen (vegetative Vermehrung durch Austrieb auf Wurzelstöcken) oder Wurzelbrut hervorgegangen sind. Älteste Form der geregelten Waldnutzung, vorwiegend zur Brennholzgewinnung. Begünstigt Baumarten mit der Fähigkeit zum Stockausschlag wie Hagebuche und Eiche. Niederwald wird mit kurzen → Umtriebszeiten von zehn bis dreissig Jahren bewirtschaftet. → Hochwald, → Mittelwald

Nitrat (NO_3^-)

Gut wasserlösliche Stickstoff-Sauerstoff-Verbindung. Pflanzen decken ihren Stickstoffbedarf u. a. mit der Aufnahme von Nitrat aus dem Bodenwasser.

Nitratauswaschung

Jährliche Menge an → Nitrat (NO_3^-), die aus dem Wurzelraum in Fliessgewässer oder ins Grundwasser abgeführt wird.

O**Oberboden**

Zweitoberste Schicht des Waldbodens, auch A-Horizont genannt, bestehend aus Mineralerde und Humus. → Organische Auflage

Ökologische Infrastruktur

Eine ökologische Infrastruktur ist ein Netzwerk von Flächen, die für die Biodiversität wichtig sind. Sie dient dazu, die wertvollen natürlichen und naturnahen Lebensräume in der Schweiz zu erhalten, aufzuwerten, wiederherzustellen und zu vernetzen.

Ökosystem

Dynamische, funktionelle Einheit aller Lebewesen in einem Lebensraum (Lebensgemeinschaft). Die Lebewesen eines Ökosystems stehen in Wechselwirkung mit ihrer → abiotischen und → biotischen Umgebung und tauschen Energie, Stoffe und Informationen aus.

Ökosystemleistung

Nutzen, die ein → Ökosystem für die Gesellschaft erbringt, z. B. Biomasseproduktion oder Kohlenstoffspeicherung. → Waldfunktionen, → Waldleistungen

Organische Auflage

Oberste Schicht des Waldbodens aus organischen Vegetationsrückständen in unterschiedlichen Zersetzungsstadien. → Oberboden

Ozon (O_3)

Stark reaktive Sauerstoffverbindung. Spurengas in der Atmosphäre. In grossen Höhen schützt die Ozonschicht die Erde vor schädlicher ultravioletter Strahlung. In Bodennähe kann bereits eine geringe Ozonkonzentration schädlich sein. Ozon reizt die Atemwege der Menschen und schädigt bei Pflanzen die fotosynthetisch aktiven Zellen in den Blättern.

Ozonfluss

Menge des → Ozons, die durch die Spaltöffnungen der Blätter und Nadeln aufgenommen wird. Das Ausmass des Ozonflusses ist sowohl von der Baumart wie auch von den Umweltbedingungen abhängig. → POD

P**Parasit**

Ein parasitischer Organismus schmarotzt an oder in anderen lebenden Organismen und bezieht deren Nährstoffe.

Pariser Klimaabkommen

Übereinkommen der Pariser Klimakonferenz 2015, das alle Staaten zur Reduktion der Treibhausgasemissionen verpflichtet. Das Klimaabkommen ersetzte das Kyoto-Protokoll von 1997 und erweiterte die Emissionsziele auf alle Länder der Welt. Die Schweiz hat das Übereinkommen am 6. Oktober 2017 ratifiziert.

PEFC

Abkürzung für «Programme for the Endorsement of Forest Certification». Unabhängiges Zertifizierungssystem zur Sicherstellung und kontinuierlichen Verbesserung einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung. → FSC

Pflanzung

Säen oder Setzen von vegetativ vorgezogenen Bäumen oder Sträuchern (Setzlinge) an ihrem endgültigen Standort im Wald. Wird oft zur → Verjüngung des Waldes gemacht, zum Beispiel auf Sturmschadenflächen. → Naturverjüngung

pH-Wert

Mass für die Konzentration von → Protonen in wässriger Umgebung, z. B. in einer → Bodenlösung oder auch im Regen. Je tiefer der pH-Wert ist, umso höher ist die Konzentration der Protonen. Flüssigkeiten mit einem pH-Wert von 7 sind neutral, über pH 7 sind sie basisch und unter pH 7 sauer.

Pionierart

Pflanzenart, die in der → Sukzession früh aufkommt. Pionierarten bilden typischerweise grosse Mengen von leicht verbreitbaren Samen, haben jährlich eine Fruktifikation, ein schnelles Jugendwachstum, eine geringe Schattentoleranz, eine hohe Toleranz gegenüber extremen Klimabedingungen und oft eine kurze Lebensdauer. → Schlussbaumart

Plastizität

Veränderung der äusserlichen Merkmale eines Individuums als Reaktion auf sich ändernde Umweltfaktoren. Auch äusserliche Unterschiede zwischen Individuen mit identischem Genotyp (Klone) oder zumindest sehr ähnlichen Genotypen. Oft eine Folge veränderter Genexpression.

Plenterwald

→ Hochwald mit stufiger Struktur. In einem solchen → Bestand wachsen Bäume aller Stärkekassen nebeneinander. Ein Plenterwald wird stets mit einzelstammweiser Nutzung (Plenterung) bewirtschaftet. Die Plenterung verfolgt die Nutzung hiebsreifer Stämme, die Auslese von Wertträgern, die kleinflächige Erhaltung der stufigen → Bestandesstruktur sowie eine stetige → Verjüngung.

POD

Phytotoxische Ozondosis (engl.: phytotoxic ozone dose). Index für die über die Spaltöffnungen von der Pflanze aufgenommene Ozondosis. → Ozonfluss

Proton

Elektrisch positiv geladenes Wasserstoff-Atom (H^+). Protonen werden in wässriger Lösung von → Säuren freigesetzt und von → Basen aufgenommen. In sauren Böden sind Protonen in hoher Konzentration vorhanden. → pH-Wert

Provenienz

Auch Herkunft genannt. Ursprungsort von → Saatgut oder von Jungbäumen für die → Pflanzung. Buchen aus dem Sihlwald etwa sind wegen ihrer Wuchseigenschaften eine geschätzte Provenienz. Wegen des Klimawandels gewinnen Herkünfte von einheimischen Arten aus trockeneren und wärmeren Gebieten an Bedeutung.

R**Reisigmatte**

Mit Ästen und Zweigen von gefällten Bäumen ausgelegte Waldschneise. Die Reisigmatte dient bei der Holzernte der Schonung des Waldbodens beim Befahren mit Forstmaschinen und beim Abtransport der Bäume. → Rückegasse

Resilienz

Vermögen eines → Ökosystems, trotz vielfältiger ökologischer Störungen einen Zustand des Gleichgewichts aufrechtzuerhalten.

Restholz (Industrierestholz)

Produktionsreste aus holzverarbeitenden Betrieben wie Sägereien, Hobelwerken und Schreinereien, z. B. Späne und Sägemehl. Wird stofflich und energetisch genutzt.

Restholz (Waldrestholz)

Anteil der Holzernte, der nicht als → Rundholz genutzt werden kann. Reisig sowie Stämme und Äste, welche die vorgegebenen Durchmesser und Längen der Rundholzsortimente nicht erreichen. Wird energetisch und selten auch stofflich genutzt.

Risikomanagement, integrales

Management unter Berücksichtigung aller Naturgefahren und Massnahmen und unter Beteiligung aller Verantwortlichen für die Planung und Umsetzung dieser Massnahmen. Strebt ökologische, wirtschaftliche und soziale Nachhaltigkeit an.

Rückegasse

Bestockungsfreie Waldschneise, die im mit Traktoren befahrbaren Gelände ohne Erdarbeiten angelegt wird und dem Holztransport aus dem Wald zur nächsten Lastwagenstrasse dient. → Reisigmatte

Rundholz

Sammelbegriff für das im Wald bei der → Holzernte in roher, runder Form bereitgestellte → Stamm-, → Industrie- und → Energieholz. Entsprechend den Baumartengruppen unterscheidet man Laubrundholz und Nadelrundholz.

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, aus dem → Saatgut gewonnen wird.

Sanasilva-Inventur

Jährliche Erfassung der → Kronenverlichtung und der Mortalität auf rund 50 Probeflächen, die auf einem systematischen Subnetz des → LFI liegen. Die Sanasilva-Inventur ist Teil des repräsentativen gesamteuropäischen 16x16-km-Netzes der → UNECE. → Waldinventur

Saprophyten

Organismen, vor allem Pilze und Bakterien, die sich von abgestorbenem organischem Material (Holz, Pflanzenteile, Blätter, Nadeln, Zapfen, Horn, tote Tiere usw.) ernähren, weil sie keine Fotosynthese machen können.

Säure

Chemische Verbindung, die in wässriger Lösung → Protonen freisetzt. → Base

Schaffholz

Oberirdisches Holz des Baumschaftes bis zum Wipfel (ohne Astholz), im → LFI in Rinde. → Stammholz

Schalenwild

Sammelbegriff für wild lebende Paarhufer, im → LFI Hirsch, Reh und Gämse.

Schirmart

Zielart im Artenschutz. Der Schutz einer Schirmart kommt gleichzeitig zahlreichen anderen im selben Lebensraum vorkommenden Arten zugute.

Schlupf

Aufreissen des Waldbodens durch das Befahren mit schweren Forstmaschinen bei der Holzernte aufgrund der Reibungskräfte der Räder oder Raupen. Schlupf kann mit technischen Massnahmen reduziert werden.

Schlussbaumart

Baumart, die sich gegen Ende der → Sukzession durchsetzt. → Pionierart

Schlussgrad

Horizontale Struktur eines Bestandes und Mass für die gegenseitige Bedrängung der Baumkronen (Kronenschluss). Der Schlussgrad bezieht sich auf die Oberschicht des massgebenden Bestandes, sofern diese 20 % → Deckungsgrad erreicht. Im → LFI werden die Schlussgrade «gedrängt», «normal», «locker», «räumig», «aufgelöst», «gruppiert gedrängt», «gruppiert normal» und «Stufenschluss» unterschieden.

Schnittholz

Produkte, die in Sägewerken durch den Einschnitt von → Stammholz hergestellt werden, z. B. Bretter und Latten für den Bau, die Verpackungsindustrie oder die Möbelherstellung.

Selve

Parkartige Weide mit Edelkastanien oder Nussbäumen, die sowohl der Nutzung von Holz und Früchten als auch der Heugewinnung oder als Weideland dient. Vor allem auf der Alpensüdseite verbreitet. Gewinnt als agroforstwirtschaftliche Nutzung zunehmend an Bedeutung für die nachhaltige landwirtschaftliche Produktion. → Wytweide

Spezialfeuerungen

Anlagen, in denen → Energieholz in Form von Holzpellets oder Hackschnitzeln zur Gewinnung von Wärme und Strom verfeuert wird. Sie sind im Gegensatz zu Einzelraum- und Stückholzfeuerungsanlagen sowohl in kleinen als auch in grossen Dimensionen einsetzbar. → Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen (WKK-Anlagen)

Stammholz

→ Rundholz, das als wertvolleres → Schnitt- oder Furnierholz genutzt wird. In der Regel handelt es sich um → Schaftholz.

Standortfaktoren

Gesamtheit aller Umwelteinflüsse, die an einem bestimmten Ort auf Lebewesen einwirken. Die Standortfaktoren umfassen Einflüsse der → biotischen und → abiotischen Umwelt. Primäre Standortfaktoren, z. B. Wasser, Wärme, Licht, chemische und mechanische Faktoren, wirken direkt. Sekundäre Standortfaktoren, z. B. klimatische Faktoren, die Höhenlage oder biotische Faktoren im Boden, wirken indirekt.

Stickstoff (N)

Wichtiger Pflanzennährstoff. Als farb- und geruchloses Gas (N_2) ist er Hauptbestandteil der Luft. Damit ihn Pflanzen aufnehmen können, muss Luftstickstoff in → Nitrat (NO_3^-) oder Ammonium (NH_4^+) umgewandelt werden.

Störungen

Zeitlich und räumlich begrenzte Ereignisse, die zum Verlust von lebender Biomasse führen, z. B. Windwurf, Borkenkäferbefall, Waldbrand oder Dürre. → Zwangsnutzung

Strauchschicht

Schicht in der vertikalen → Bestandesstruktur, die primär von Sträuchern mit einer maximalen Höhe von 5 m gebildet wird. → Baumschicht

Strukturvielfalt

Im → LFI Kenngrösse zur Charakterisierung des → Bestandes als Lebensraum. Sie wird abgeleitet aus den Parametern → Entwicklungsstufe, → Schlussgrad, → Bestandesstruktur, Starkholzanteil, Schädigungsgrad des Bestandes, Vorhandensein von Wald- oder Bestandesrand, Vorkommen und Art von Lücken, → Deckungsgrad der → Strauchschicht, Deckungsgrad der Beerensträucher sowie Vorkommen von Stöcken, liegendem → Totholz, → Dürrständern und Asthaufen.

Stückholz

Getrocknetes, zersägtes und gespaltenes Waldholz, das als → Energieholz genutzt wird.

Sukzession

Von Menschen unbeeinflusste zeitliche Abfolge des Heranwachsens unterschiedlicher Pflanzen- und Tiergesellschaften am selben Standort. Die Waldsukzession ist die Abfolge von Pioniergesellschaften mit Lichtbaumarten hin zu den Schlusswaldgesellschaften aus Schattenbaumarten. → Pionierart, → Schlussbaumart

Swiss Bird Index (SBI®)

Index der Schweizerischen Vogelwarte Sempach, der die Entwicklung der Brutvögel der Schweiz seit 1990 abbildet. Im Teilindex SBI® Wald werden 56 Vogelarten ausgewertet, für deren Bestandesentwicklung genügend Daten vorliegen.

T**Totholz**

Liegende und stehende tote Bäume und Sträucher.
→ Dürrständer

U**Übersarung**

Ablagerung von vorwiegend groben Feststoffen, die bei Hochwasser aus dem Bett eines Fließgewässers ausgetreten sind. → Naturgefahren, gravitative

Umtriebszeit

Planmässig festgelegter Zeitraum zwischen Begründung und Räumung (Endnutzung) eines → Bestandes. Entspricht der Zeitspanne zwischen zwei Endnutzungen. → Niederwald, → Hochwald

UNECE

Abkürzung für «United Nations Economic Commission for Europe». UNO-Wirtschaftskommission für Europa mit Sitz in Genf. 1947 als eine von fünf regionalen Organisationen gegründet. Das primäre Ziel der UNECE ist die Förderung der wirtschaftlichen Zusammenarbeit der 56 Mitgliedsstaaten.

Urwald

Wald, in dem frühere Nutzungen durch Menschen weder bekannt noch erkennbar sind oder so unbedeutend waren und so weit zurückliegen, dass sie keinen Einfluss auf Baumartenzusammensetzung, Waldstruktur, Totholzmenge und Walddynamik erkennen lassen. Urwald ist durch grosse Mengen an → Totholz gekennzeichnet, weil hier das Holz abgestorbener Bäume liegen bleibt.

V**Vegetationshöhenstufe**

Gesamtheit der Standorte mit ähnlichen Vegetationsverhältnissen (→ Waldgesellschaft) unter Berücksichtigung der massgeblichen → Standortfaktoren, insbesondere der Höhenlage. In der Schweiz unterscheidet man fünf Haupthöhenstufen: die kolline Stufe (Hügelstufe), die montane Stufe (Bergstufe), die subalpine Stufe (Gebirgsstufe), die alpine Stufe (Hochgebirgsstufe) und die nivale Stufe (Schneestufe). Die Grenzen zwischen den Höhenstufen sind unscharf und können sich über die Zeit verändern.

Verjüngung

Ansamen und Aufwachsen von Jungbäumen. Die Verjüngung kann durch waldbauliche Massnahmen (z. B. Lichtungshiebe für die → Naturverjüngung) gefördert werden oder als → Pflanzung gezielt erfolgen. Wird auch als Begriff für ein Kollektiv von Jungbäumen verwendet.

Verwitterung

Auflösung und Umwandlung von Gesteinen und Mineralien im Waldboden. Die chemische Verwitterung ist der wichtigste säureneutralisierende Prozess in Böden und zugleich die wichtigste Nährstoffquelle für Pflanzen. → Bodenversauerung

Vitalität

Lebenstüchtigkeit eines Baumes. Sie wird von seiner genetischen Ausstattung und den Umweltbedingungen bestimmt. Die Vitalität äussert sich insbesondere in der Anpassungs- und Konkurrenzfähigkeit der Bäume.

Vivian

Orkantief, das im Februar 1990 in Europa und auch in der Schweiz grosse Schäden verursachte. In der Schweiz hat Vivian vor allem die nördlichen Voralpen getroffen, wo Gebirgswälder grossflächig zerstört wurden.

Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung

Berechnungs- und Darstellungsform zur statistischen Erfassung des jährlichen Wirtschaftsgeschehens eines Landes, wobei Entstehung, Verteilung und Verwendung des Gesamtwertes aller produzierten Waren und Dienstleistungen erfasst werden.

Vorrangfunktion

Erfüllt ein Wald oder Waldstück mehrere → Waldfunktionen gleichzeitig, wird die wichtigste darunter als Vorrangfunktion bezeichnet. Im → LFI ist es die Waldfunktion, die bei Nutzungskonflikten nach Angaben der Revierförsterinnen und -förster Priorität hat, wobei die übrigen Waldfunktionen nach Möglichkeit mitberücksichtigt werden.

Vorrat (Holzvorrat)

→ Schaftholz (meist in Kubikmeter pro Hektare) in Rinde aller lebenden Bäume und Sträucher (stehende und liegende) ab 12 cm → Brusthöhendurchmesser (BHD) in einem → Bestand oder auf einer Fläche.

W

Walddefinition

Wald ist ein Ökosystem, das dauerhaft mit Bäumen bewachsen ist. Gemäss der Walddefinition im → LFI gilt für die Abgrenzung von Wald zu Nichtwald ein minimaler → Deckungsgrad von 20 %, eine minimale Oberhöhe von 3 m und eine Mindestbreite von 25 bis 50 m, wobei die Waldbreite abhängig vom → Deckungsgrad ist.

Waldentwicklungsplan (WEP)

Führungs- und Koordinationsinstrument für den kantonalen → Forstdienst (in einigen Kantonen auch Regionaler Waldplan [RWP]). Die für die Behörden verbindlichen WEP legen die im öffentlichen Interesse liegenden Waldleistungen auf der Basis der → Waldfunktionen fest und machen Vorgaben zur Nachhaltigkeit der Waldbewirtschaftung. Sie umfassen eine Region oder einen Kanton und sind mit dem kantonalen Richtplan nach Raumplanungsgesetz zu koordinieren.

Walderhaltungsgebot

Siehe → Waldgesetz (WaG)

Waldfläche

Gesamtheit aller Flächen, die gemäss → Walddefinition des → LFI als Wald bezeichnet werden. Umfasst Wald und → Gebüschwald.

Waldfunktionen

Aufgaben, die vom Wald erfüllt (Wirkungen und Potenzial des Waldes) oder erwartet werden (Ansprüche der Menschen). In der Bundesverfassung in Nutz-, Schutz- und Wohlfahrtsfunktionen aufgeteilt. → Waldleistungen

Waldgesellschaft

Eine von Bäumen dominierte Pflanzengesellschaft einer floristisch definierten Einheit der Vegetationsgliederung, die durch das Vorkommen bestimmter Pflanzenarten gekennzeichnet ist.

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 trat 1876 als «Bundesgesetz betreffend die Oberaufsicht des Bundes über die Forstpolizei im Hochgebirge» in Kraft und enthielt schon den Grundsatz der nachhaltigen Waldbewirtschaftung, darunter insbesondere das Walderhaltungsgebot. Dieses besagt, dass Rodungen in Nichtschutzwäldern nur erlaubt sind, wenn die gleiche Fläche anderswo wieder aufgeforstet wird.

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.

Waldinventur

Periodische Erfassung von Baum- und Bestandesmerkmalen als Grundlage für das Waldmonitoring und die Waldplanung auf betrieblicher, kantonaler oder nationaler Ebene. → LFI, → Sanasilva-Inventur

Waldleistungen

Wirtschaftlicher, gesundheitlicher oder sozialer Nutzen, den der Wald für Personen oder die ganze Gesellschaft erbringt. Oft als Synonym für → Ökosystemleistung des Waldes verwendet. → Waldfunktionen

Waldmonitoring soziokulturell (WaMos)

Periodische Erhebung des Verhältnisses der Bevölkerung zum Schweizer Wald, 1997 (WaMos 1) und 2010 (WaMos 2) als repräsentative Telefonumfragen und 2020 (WaMos 3) als repräsentative Onlinebefragung durchgeführt.

Waldrand

Grenz- oder Übergangsbereich der Vegetationsform Wald zu anderen Elementen der Landschaft. Der Waldrand umfasst den Waldmantel mit typischen Randbäumen ab 12 cm → Brusthöhendurchmesser (BHD), den Strauchgürtel mit Gehölzarten unter 12 cm BHD und den Krautsaum als nicht oder nur extensiv genutzte Pufferzone zum intensiv bewirtschafteten Kulturland.

Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen (WKK-Anlagen)

In WKK-Anlagen wird mit einem Brennstoff (z. B. Energieholz) Elektrizität produziert, während gleichzeitig Abwärme entsteht, die für anderweitige Zwecke (z. B. industrielle Prozesse, Heizwärme) eingesetzt wird. → Spezialfeuerungen

Wytweide

Mit Waldbäumen bestockte Weide, die der Waldgesetzgebung unterstellt ist. Wytweiden sind offene Waldlandschaften mit kleinflächigem Wechsel von Waldinseln und Weideflächen. Sie sind aus einer extensiven Beweidung entstanden und haben heute grossen Wert für den Naturschutz. Am schönsten ausgeprägt im Hochjura und in den Zentralalpen. → Selve

X**Xylobionte Arten**

Pilze oder Tiere, die sich in mindestens einer Lebensphase vollständig oder teilweise von Holz ernähren oder dieses bewohnen oder benutzen. Der Begriff wird vor allem bei Insekten verwendet.

Z**Zielart**

Tier- oder Pflanzenart, deren Erhaltung und Förderung das unmittelbare, spezifische Ziel von Schutz- und Pflegemassnahmen ist. Meistens eine → National Prioritäre Art. Der Erfolg der Massnahmen misst sich am effektiven Vorkommen der Zielart. → Schirmart

Zuwachs

Im → LFI Bruttozuwachs des Holzvolumens. Umfasst die Zunahme des → Schaftholzes in Rinde der zwischen zwei Inventuren überlebenden Bäume und Sträucher mit einem → Brusthöhendurchmesser (BHD) ab 12 cm, das Schaftholzvolumen in Rinde aller eingewachsenen Bäume und Sträucher sowie die modellierte Zunahme des Schaftholzvolumens in Rinde der Abgänge während der halben Inventurperiode. → Nettozuwachs

Zwangsnutzung

Ungeplante Nutzung von Waldbeständen aufgrund von → Störungen.

Literatur

Abegg M., Ahles P., Allgaier Leuch B., Cioldi F., Didion M., Düggin C., Fischer C., Herold A., Meile R., Rohner B., Rösler E., Speich S., Temperli C. & Traub B., 2023: Swiss national forest inventory NFI. Result tables and maps of the NFI surveys 1983–2022 (NFI1, NFI2, NFI3, NFI4, NFI5.1–5). <http://www.lfi.ch/resultate>

Alewell C., Egli M. & Meusburger K., 2015: An attempt to estimate tolerable soil erosion rates by matching soil formation with denudation in Alpine grasslands. *Journal of Soils and Sediments* 15: 1383–1399. DOI: 10.1007/s11368-014-0920-6

Arend M., Link R. M., Patthey R., Hoch G., Schuldt B. & Kahmen A., 2021: Rapid hydraulic collapse as cause of drought-induced mortality in conifers. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 118 (16): 25111. DOI: 10.1073/pnas.2025251118

ARGE Frehner M., Dionea S.A. & IWA Wald und Landschaft AG, 2020: NaiS-LFI – Zuordnung der LFI-Stichprobenpunkte zu Waldgesellschaften. Erläuternder Schlussbericht. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU).

Arnold R., Auer N., Bürgi P., Coleman Brantschen E. C. & Pierre S., 2020: Waldeleistungen ausserhalb der Holzproduktion. Entwicklung von Einnahmen und Kostendeckung anhand empirischer Daten aus dem forstwirtschaftlichen Testbetriebsnetz (TBN) der Schweiz. Berner Fachhochschule, HAFL, Zollikofen.

Bachmann P., 2005: Forstliche Planung – heute und morgen. *Forestry planning: today and tomorrow*. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 156: 137–141. DOI: 10.3188/szf.2005.0137

Bachofen H., Brändli U.-B., Brassler P., Kasper H., Lüscher P., Mahrer P., Riegger W., Stierlin H.-R., Strobel T., Sutter R., Wenger C., Winzeler K. & Zingg A., 1988: Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der Erstaufnahme 1982–1986. WSL, Birmensdorf.

Baumgarten F., Gessler A. & Vitasse Y., 2023: No risk – no fun: Penalty and recovery from spring frost damage in deciduous temperate trees. *Functional Ecology* 37: 648–663. DOI: 10.1111/1365-2435.14243

Bebi P., Piazza N., Ringenbach A., Caduff M., Conedera M., Krumm F. & Rigling A., 2023: Schutzwirkung und Resilienz von Gebirgswäldern nach natürlichen Störungen. In: Bebi P., Schweizer J.: Aus Störungen und Extremereignissen im Wald lernen. WSL, Birmensdorf. 41–48.

Beenken L., Buser C., Dubach V., Forster B., Hölling D., Meier F., Meyer J. B., Odermatt O., Ruffner B., Schneider S., Stroheker S. & Queloz V., 2018: Waldschutzüberblick 2017. WSL, Birmensdorf. WSL Berichte Nr. 67.

Beratungsstelle für Unfallverhütung in der Landwirtschaft (BUL), 2023: Tödliche Unfälle in der Landwirtschaft. Statistik und Medienmitteilung vom 25.1.2023. <https://www.bul.ch/aktuell/pressespiegel/244/medienmitteilung>

Bernasconi A., Dirac C., Griess V., de Groot R. & Inostroza L., 2022: Erfassung und Bewertung von Waldeleistungen. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 173: 284–287. DOI: 10.3188/szf.2022.0284

Bernath K., von Felten N., Buser B. & Walker D., 2013: Inländische Wertschöpfung bei der stofflichen und energetischen Verwendung von Holz. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU).

Birrer S., Bühler C., Fluri M., Heer N., Hutter P., Kipfer T., Kurtogullari Y., Kohli L., Martinez N., Plattner M., Roth T., Stalling T., Steiner E., Stickelberger C. & Zangger A., 2022: Ursachenanalyse im Wald. In: Sonderheft zu Hotspot 46: 20–21.

Blaser S., Ruffner B., Mittelstrass J., Dubach V. & Queloz V., 2023: First detection of invasive Douglas fir needle midges from the genus *Contarinia* Rondani (Diptera: Cecidomyiidae) in Switzerland. In review. *Bioinvasions Records*.

- Blatter C., Bürgi A. & Lemm R., 2012:** Berechnung von Mehraufwand und Minderertrag infolge des Trinkwasserschutzes im Wald. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 163: 437–444. DOI: 10.3188/szf.2012.0437
- Blatter C., Lemm R., Thürig E., Stadelmann G., Brändli U.-B. & Temperli C., 2020:** Long-term impacts of increased timber harvests on ecosystem services and biodiversity: A scenario study based on national forest inventory data. *Ecosystem Services* 45: 101–150. DOI: 10.1016/j.ecoser.2020.101150
- Bobbink R., Loran C. & Tomassen H., 2022:** Review and revision of empirical critical loads of nitrogen for Europe. Umweltbundesamt, Dessau-Rosslau.
- Bonnamour A., Gippet J. M. W. & Bertelsmeier C., 2021:** Insect and plant invasions follow two waves of globalisation. *Ecology Letters* 24: 2418–2426. DOI: 10.1111/ele.13863
- Bornand C., Gygax A., Juillerat P., Jutzi M., Möhl A., Rometsch S., Sager L., Santiago H. & Eggenberg S., 2016:** Rote Liste Gefässpflanzen. Gefährdete Arten der Schweiz. BAFU, Bern; Info Flora, Genf. Umwelt-Vollzug Nr. 1621.
- Bose A. K., Rigling A., Gessler A., Hagedorn F., Brunner I., Feichtinger L., Bigler C., Egli S., Etzold S., Gossner M. M., Guidi C., Lévesque M., Meusburger K., Peter M., Saurer M., Scherrer D., Schleppi P., Schönbeck L., Vogel M. E., von Arx G., Wermelinger B., Wohlgemuth T., Zweifel R. & Schaub M., 2022:** Lessons learned from a long-term irrigation experiment in a dry Scots pine forest: Impacts on traits and functioning. *Ecological Monographs* 92 (2): e1507. DOI: 10.1002/ecm.1507
- Brändli U. B. & Bollmann K., 2015:** Artenvielfalt. In: Rigling A., Schaffer H.-P.: Waldbericht 2015. Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes. BAFU, Bern; WSL, Birmensdorf.
- Brändli U. B. & Cioldi F., 2015:** Altersaufbau und Bestandesstruktur. In: Rigling A., Schaffer H.-P.: Waldbericht 2015. Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes. BAFU, Bern; WSL, Birmensdorf.
- Brändli U. B., Abegg M. & Allgaier Leuch B., 2020:** Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der vierten Erhebung 2009–2017. WSL, Birmensdorf; BAFU, Bern.
- Brang P. & Duc P., 2002:** Zu wenig Verjüngung im Schweizer Gebirgs-Fichtenwald: Nachweis mit einem neuen Modellansatz. A new modelling approach suggests insufficient regeneration in Swiss Norway spruce mountain forests. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 153: 219–227. DOI: 10.3188/szf.2002.0219
- Brang P. & Zingg A., 2002:** 600 bis 900 Jahre alte Buchen – wie ist die Faktenlage? *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 153: 417.
- Brang P., Heiri C. & Bugmann H., 2011:** Waldreservate. 50 Jahre natürliche Waldentwicklung in der Schweiz. Haupt Verlag, Bern, Stuttgart, Wien.
- Brang P., Augustin S. & Pluess A. R., 2016:** Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. Haupt Verlag, Bern, Dübendorf.
- Braun S., Schindler C., Volz R. & Flückiger W., 2003:** Forest damages by the storm «Lothar» in permanent observation plots in Switzerland: The significance of soil acidification and nitrogen deposition. *Water, Air, and Soil Pollution* 142: 327–340. DOI: 10.1023/A:1022088806060
- Braun S., Cantaluppi L. & Flückiger W., 2005:** Fine roots in stands of *Fagus sylvatica* and *Picea abies* along a gradient of soil acidification. *Environmental Pollution* 137: 574–579. DOI: 10.1016/j.envpol.2005.01.042
- Braun S. & Flückiger W., 2013:** Wie geht es unserem Wald? 29 Jahre Walddauerbeobachtung. Bericht 4. IAP, Schönenbuch. 127 S.
- 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. DOI: 10.1016/j.envpol.2014.05.016

Braun S., Schindler C. & Rihm B., 2017: Growth trends of beech and Norway spruce in Switzerland: The role of nitrogen deposition, ozone, mineral nutrition and climate. *Science of the Total Environment* 599–600: 637–646. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.04.230

Braun S., Tresch S. & Augustin S., 2020a: Soil solution in Swiss forest stands: A 20 year's time series. *PLOS ONE* 15: 129–138. DOI: 10.1371/journal.pone.0227530

Braun S., Schindler C. & Rihm B., 2020b: Foliar nutrient concentrations of European beech in Switzerland: Relations with nitrogen deposition, ozone, climate and soil chemistry. *Frontiers in Forests and Global Change* 3: 1–15. DOI: 10.3389/ffgc.2020.00033

Braun S., Hopf S.-E., Tresch S., Remund J. & Schindler C., 2021: 37 years of forest monitoring in Switzerland: Drought effects on *Fagus sylvatica*. *Frontiers in Forests and Global Change* 4: 765782. DOI: 10.3389/ffgc.2021.765782

Braun S., Rihm B. & Schindler C., 2022: Epidemiological estimate of growth reduction by ozone in *Fagus sylvatica* L. and *Picea abies* Karst: Sensitivity Analysis and Comparison with Experimental Results. *Plants* 11: 777. DOI: 10.3390/plants11060777

Braun S., Rihm B., Tresch S. & Schindler C., 2023a: Uprooting and stem breakage in beech and Norway spruce: A 37 year's time series. Submitted. *Agricultural and Forest Meteorology*.

Braun S., Rihm B., Tresch S. & Schindler C., 2023b: Long-term risk assessment of uprooting and stem breakage under drought conditions and at high N deposition in beech and Norway spruce. In review. *Agricultural and Forest Meteorology* 341: 109669. DOI: 10.1016/j.agrformet.2023.109669

Braun S., Frehner M., Rihm B. & Augustin S., 2023c: Feuchteachse von Ökogrammen: Quantifizierung und Abschätzung zukünftiger Veränderungen. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 174: 24–31. DOI: 10.3188/szf.2023.0024

Brose U. & Hillebrand H., 2016: Biodiversity and ecosystem functioning in dynamic landscapes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 371: 20150267 DOI: 10.1098/rstb.2015.0267

Bühler C. & Roth T., 2021: Biodiversitätsförderung im Wald durch Eingriffe: eine Wirkungskontrolle anhand von Fallstudien. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 172: 358–367. DOI: 10.3188/szf.2021.0358

Bundesamt für Energie (BFE), 2023: Schweizerische Holzenergiestatistik. Erhebung für das Jahr 2022. Bern.

Bundesamt für Kultur (BAK), 2017: Die lebendigen Traditionen der Schweiz. <https://www.lebendige-traditionen.ch/tradition/de/home.html>

Bundesamt für Statistik (BFS): Arealstatistik der Schweiz (AREA). Neuenburg.

Bundesamt für Statistik (BFS), 2020: Bilanz der ständigen Wohnbevölkerung nach Kanton, 1991–2019. Neuenburg.

Bundesamt für Statistik (BFS), 2022a: Ergebnisse der Schweizerischen Forststatistik. Interaktive Statistikdatenbank STAT-TAB. www.bfs.admin.ch

Bundesamt für Statistik (BFS), 2022b: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung. Neuenburg.

Bundesamt für Statistik (BFS), 2022c: Forstwirtschaftliche Gesamtrechnung (FGR). Neuenburg.

Bundesamt für Statistik (BFS), 2022d: Regionale Branchenkonten des Primärsektors. Neuenburg.

Bundesamt für Statistik (BFS), 2022e: Statistik der Unternehmensstruktur. Neuenburg.

Bundesamt für Statistik (BFS), 2023: Produzentenpreisindex (PPI). Neuenburg.

Bundesamt für Umwelt (BAFU): Indikator Wald und Holz. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-wald-und-holz/wald-und-holz--daten--indikatoren-und-karten/wald-und-holz--indikatoren/indikator-wald-und-holz.html> (zuletzt aufgerufen: 12.7.2023)

Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2013: Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz. BAFU, Bern.

Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2014: Biodiversitätsmonitoring Schweiz BDM. BAFU, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1410.

Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2019a: Liste der National Prioritären Arten und Lebensräume. In der Schweiz zu fördernde prioritäre Arten und Lebensräume. BAFU, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1709.

Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2019b: Zustand und Entwicklung Grundwasser Schweiz. Ergebnisse der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA. BAFU, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1901.

Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2021a: Ökologische Infrastruktur. Arbeitshilfe für die kantonale Planung im Rahmen der Programmvereinbarungsperiode 2020–2024. Version 1.0. BAFU, Bern.

Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2021b: Ressourcenpolitik Holz 2030. Strategie, Ziele und Aktionsplan Holz 2021–2026. BAFU, Bern. Umwelt-Info Nr. 2103.

Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2021c: Waldpolitik: Ziele und Massnahmen 2021–2024. Für eine nachhaltige Bewirtschaftung des Schweizer Waldes. 1. aktualisierte Auflage 2021. Erstausgabe 2013. BAFU, Bern. Umwelt-Info Nr. 2119.

Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2021d: Jahrbuch Wald und Holz 2021. BAFU, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 2125.

Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2022a: Waldplanung. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wald/fachinformationen/waldbewirtschaftung/waldplanung.html> (zuletzt aufgerufen: 10.9.2023)

Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2022b: Luftqualität 2021. Messresultate des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL). BAFU, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 2227.

Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2022c: Jahrbuch Wald und Holz 2022. BAFU, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 2225.

Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2022d: Der Wald aus Sicht der Schweizer Bevölkerung. Ergebnisse der dritten Befragung zum soziokulturellen Monitoring des Waldes in der Bevölkerung (WaMos 3). BAFU, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 2212.

Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2022e: Merkblatt Waldfunktionen und Waldleistungen. BAFU, Bern.

Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2022f: Gebietsfremde Arten in der Schweiz. Übersicht über die gebietsfremden Arten und ihre Auswirkungen. BAFU, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 2220. 62 S.

Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2023a: Jagdstatistik. <https://www.jagdstatistik.ch/de/statistics?tt=0>

Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2023b: Nitrat im Grundwasser. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/fachinformationen/zustand-der-gewaesser/zustand-des-grundwassers/grundwasser-qualitaet/nitrat-im-grundwasser.html> (zuletzt aufgerufen: 1.4.2023)

Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2024: Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald NaiS. Vollzugshilfe für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. 3. aktualisierte Auflage 2024. Erstausgabe 2005. BAFU, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 2409.

Bundesamt für Umwelt (BAFU) & Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), 2013: Die Schweizer Bevölkerung und ihr Wald. Bericht zur zweiten Bevölkerungsumfrage Waldmonitoring soziokulturell (WaMos 2). BAFU, Bern; WSL, Birmensdorf. 92 S.

Bundesamt für Umwelt (BAFU) & Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), 2022: Landschaft im Wandel. Ergebnisse aus dem Monitoringprogramm Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES). BAFU, Bern; WSL, Birmensdorf. Umwelt-Zustand Nr. 2219.

Bundesamt für Umwelt (BAFU) & InfoSpecies, Schweizerisches Informationszentrum für Arten, 2023: Gefährdete Arten und Lebensräume in der Schweiz. Synthese Rote Listen, Stand 2022. BAFU, Bern; InfoSpecies, Neuenburg. Umwelt-Zustand Nr. 2305.

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), 1999: Gesellschaftliche Ansprüche an den Schweizer Wald – Meinungsumfrage. Bern.

Bundesamt für Zoll und Grenzsicherheit (BAZG): Aussenhandelsstatistik. www.bazg.admin.ch

Büntgen U., Urban O., Krusic P. J., Rybníček M., Kolář T., Kyncl T., Ač A., Koňasová E., Čáslavský J., Esper J., Wagner S., Saurer M., Tegel W., Dobrovolný P., Cherubini P., Reinig F. & Trnka M., 2021: Recent European drought extremes beyond Common Era background variability. *Nature Geoscience* 14: 190–196. DOI: 10.1038/s41561-021-00698-0

Bürgi P., Müller A., Thomas M. & Pauli B., 2021: Forstwirtschaftliches Testbetriebsnetz der Schweiz. Ergebnisse der Jahre 2017–2019. 52 S.

Bürgi P. & Pauli B., 2016: Ansätze für einen Strukturwandel in der Schweizer Forstwirtschaft (Essay). *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 167: 192–195.

Burner R. C., Drag L., Stephan J. G., Birkemoe T., Wetherbee R., Müller J., Siitonen J., Snäll T., Skarpaas O., Potterf M., Doerfler I., Gossner M. M., Schall P., Weisser W. W. & Sverdrup-Thygesen A., 2022: Functional structure of European forest beetle communities is enhanced by rare species. *Biological Conservation* 267: 109491. DOI: 10.1016/j.biocon.2022.109491

Bütler R., Lachat T., Krumm F., Kraus D., & Larrieu, L., 2020: Habitatbäume kennen, schützen und fördern. WSL, Birmensdorf. Merkblatt für die Praxis Nr. 64.

Centre on Emission Inventories and Projections (CEIP), 2023: Officially reported emission data. <https://www.ceip.at/webdab-emission-database/reported-emissiondata>

Charrière J.-D., Frese S. & Herren P., 2018: Bienenhaltung in der Schweiz. *Agroscope. Agroscope Transfer* Nr. 250.

CLRTAP, 2017a: Mapping Critical Levels for Vegetation. In: Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels of air pollution effects, risks and trends. UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Bangor UK. Verfügbar unter: www.icpmapping.org

CLRTAP, 2017b: Mapping critical loads for ecosystems, Chapter V of Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels and air pollution effects, risks and trends. In: Spranger T., Lorenz U., Grego H.-D.: UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. UBA-Texte.

Conedera M., Barthold F., Torriani D. & Pezzatti G. B., 2010: Drought sensitivity of *Castanea sativa*: Case study of summer 2003 in the Southern Alps. *Acta Horticulturae* 866: 297–302. DOI: 10.17660/ActaHortic.2010.866.36

Conedera M. & Schoenenberger N., 2014: Wann werden gebietsfremde Gehölze invasiv? Ein methodologischer Ansatz. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 165: 158–165. DOI: 10.3188/szf.2014.0158

Conedera M. & Brändli U. B., 2015: Nicht einheimische Baumarten. In: Rigling A., Schaffer H.-P.: Waldbericht 2015. Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes. BAFU, Bern; WSL, Birmensdorf.

Dauphin B., Rellstab C., Schmid M., Zoller S., Karger D. N., Brodbeck S., Guillaume F. & Gugerli F., 2021: Genomic vulnerability to rapid climate warming in a tree species with a long generation time. *Global Change Biology* 27: 1181–1195. DOI: 10.1111/gcb.15469

de Witte L. C., Rosenstock N. P., van der Linde S. & Braun S., 2017: Nitrogen deposition changes ectomycorrhizal communities in Swiss beech forests. *Science of the Total Environment* 605–606: 1083–1096. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.06.142

Delarze R., Eggenberg S., Steiger P., Bergamini A., Fivaz F., Gonseth Y., Guntern J., Hofer G. & Sager L., 2016: Rote Liste der Lebensräume der Schweiz. Aktualisierte Kurzfassung zum technischen Bericht 2013 im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU).

Didion M., Herold A. & Thürig E., 2019: Whole tree biomass and carbon stock. In: Fischer C., Traub B.: *Swiss National Forest Inventory – Methods and models of the fourth assessment*. Springer International Publishing, Cham. 243–248.

Dubach V., Dennert F., Blaser S., Beenken L., Hölling D., Stroheker S., TreeNet, Kupferschmid A. D., Heinzelmann R., Britt E. & Queloz V., 2023: Waldschutzüberblick 2022. WSL, Birmensdorf. WSL Berichte Nr. 135.

Egli S., Peter M., Buser C., Stahel W. & Ayer F., 2006: Mushroom picking does not impair future harvests – results of a long-term study in Switzerland. *Biological Conservation* 129: 271–276.

Eichhorn J., Roskams P., Potočić N., Timmermann V., Ferretti M., Mues V., Szepesi A., Durrant D., Seletković I., Schröck H., Nevalainen S., Bussotti F., Garcia P. & Wulff S., 2020: Visual assessment of crown condition and damaging agents (Part IV). ICP Forests Programme Coordinating Centre, Thünen Institute, Eberswalde.

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL): Langfristige Waldökosystemforschung LWF. <https://lwf.wsl.ch/de>

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL): Sanasilva-Inventur. <https://www.wsl.ch/de/wald/waldentwicklung-und-monitoring/sanasilva-inventur>

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL): WSL Swissfire database. https://www.wsl.ch/swissfire_app

ETH Zürich & Professur Waldökologie, 2022: Nationaler Generhaltungsgebiete-Kataster. <https://fe.ethz.ch/forschung/dendrology-and-vegetation-science/fgr/hkg.html> (zuletzt aufgerufen: 31.10.2022)

Etzold S., Ferretti M., Reinds G. J., Solberg S., Gessler A., Waldner P., Schaub M., Simpson D., Benham S., Hansen K., Ingerslev M., Jonard M., Karlsson P. E., Lindroos A.-J., Marchetto A., Manninger M., Meesenburg H., Merilä P., Nöjd P., Rautio P., Sanders T. G. M., Seidling W., Skudnik M., Thimonier A., Verstraeten A., Vesterdal L., Vejpustkova M. & de Vries W., 2020: Nitrogen deposition is the most important environmental driver of growth of pure, even-aged and managed European forests. *Forest Ecology and Management* 458: 13–15. DOI: 10.1016/j.foreco.2019.117762

Etzold S., Eugster W., Braun S., Thimonier A., Waldner P. & Zweifel R., 2021: Stickstoffdeposition – ab wann ist es zu viel für das Baumwachstum? *Wald und Holz* 102(11): 15–18.

Etzold S., Sterck F., Bose A. K., Braun S., Buchmann N., Eugster W., Gessler A., Kahmen A., Peters R. L., Vitasse Y., Walthert L., Ziemińska K. & Zweifel R., 2022: Number of growth days and not length of the growth period determines radial stem growth of temperate trees. *Ecology Letters* 25: 427–439. DOI: 10.1111/ele.13933

Fachverband für Wasser, Gas und Wärme (SVGW), 2023: Wassergewinnung in der Schweiz 1945–2020. Infografik. <https://www.svgw.ch/wasser/wasserstatistik/infografik> (zuletzt aufgerufen: 28.6.2023)

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1999: FAO forestry. In: *Non-wood Forest Products and Income Generation*. Unasylva Nr. 198. <https://www.fao.org/3/x2450e/x2450e0d.htm#fao%20forestry>

- Ferretti M., Fischer C., Gessler A., Graham C., Meusburger K., Abegg M., Bebi P., Bergamini A., Brockerhoff E. G., Brunner I., Bühler C., Conedera M., Cothureau P., D'Odorico P., Duggelin C., Ginzler C., Grendelmeier A., Haeni M., Hagedorn F., Hägeli M., Hegetschweiler K. T., Holderegger R., Krumm F., Gugerli F., Queloz V., Rigling A., Risch A. C., Rohner B., Rosset C., Scherrer D., Schulz T., Thürig E., Traub B., von Arx G., Waldner P., Wohlgemuth T., Zimmermann N.E. & Shackleton R. T., 2024: Advancing forest inventory and monitoring. *Annals of Forest Science* 81, 6. <https://doi.org/10.1186/s13595-023-01220-9>
- Fischer C., Brändli U. B., Allgaier Leuch B. & Cioldi F., 2020: Sozioökonomie. In: Brändli U.-B., Abegg M., Allgaier Leuch B.: Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der vierten Erhebung 2009–2017. WSL, Birmensdorf; BAFU, Bern.
- Fischer C. & Traub B., 2019: Swiss National Forest Inventory – Methods and Models of the Fourth Assessment. Springer International Publishing. Cham.
- Forest Europe, 2020: State of Europe's Forests 2020. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe. Liaison Unit Bratislava. https://foresteurope.org/wp-content/uploads/2016/08/SoEF_2020.pdf
- Forest Stewardship Council (FSC), 2023: PEFC and FSC Double Certification (2016–2022). <https://fsc.org>
- Frehner M., Brang P., Kaufmann G. & Küchli C., 2018: Standortkundliche Grundlagen für die Waldbewirtschaftung im Klimawandel. WSL, Birmensdorf. WSL Berichte Nr. 66.
- Frei E. R., Streit K. & Brang P., 2018: Testpflanzungen zukunftsfähiger Baumarten: auf dem Weg zu einem schweizweiten Netz. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 169: 347–350. DOI: 10.3188/szf.2018.0347
- Frei E. R., Gossner M. M., Vitasse Y., Queloz V., Dubach V., Gessler A., Ginzler C., Hagedorn F., Meusburger K., Moor M., Samblàs Vives E., Rigling A., Uitentuis I., von Arx G. & Wohlgemuth T., 2022: Drought legacy effects and first signs of recovery in European beech after the severe 2018 drought. *Plant Biology* 24: 1132–1145.
- Gehring E., Bellosi B., Reynaud N. & Conedera M., 2020: Chestnut tree damage evolution due to *Dryocosmus kuriphilus* attacks. *Journal of Pest Science* 93: 103–115. DOI: 10.1007/s10340-019-01146-0
- Glatthorn J., Schweier J., Streit K., Thees O. & Hobi M., 2023: Adaptiver Waldbau – mit Wissen, Vorsicht und Mut. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 174: 64–69. DOI: 10.3188/szf.2023.0064
- Godi F., 2020: Forêt-eau: devenir partenaires! *La Forêt* 4: 20–21.
- Goldsmith G. R., Allen S. T., Braun S., Siegwolf R. T. W. & Kirchner J. W., 2022: Climatic influences on summer use of winter precipitation by trees. *Geophysical Research Letters* 49: e2022GL098323. DOI: 10.1029/2022GL098323
- Gossner M. M., Lachat T., Brunet J., Isacsson G., Bouget C., Brustel H., Brandl R., Weisser W. W. & Müller J., 2013: Current near-to-nature forest management effects on functional trait composition of saproxylic beetles in beech forests. *Conservation Biology* 27, 605–614. DOI: 10.1111/cobi.12023
- Gossner M. M., Wende B., Levick S., Schall P., Floren A., Linsenmair K. E., Steffan-Dewenter I., Schulze E.-D. & Weisser W. W., 2016: Deadwood enrichment in European forests – Which tree species should be used to promote saproxylic beetle diversity? *Biological Conservation* 201: 92–102. DOI: 10.1016/j.biocon.2016.06.032
- Gossner M. M., Perret-Gentil A., Britt E., Queloz V., Glauser G., Ladd T., Roe A. D., Cleary M., Liziniewicz M., Nielsen L. R., Ghosh S. K., Bonello P. & Eisenring M., 2023: A glimmer of hope – ash genotypes with increased resistance to ash dieback pathogen show cross-resistance to emerald ash borer. *New Phytologist* 240: 1219–1232. DOI: 10.1111/nph.19068

- Graf M., Seibold S., Gossner M. M., Hagge J., Weiss I., Bässler C. & Müller J., 2022:** Coverage-based diversity estimates of facultative saproxylic species highlight the importance of deadwood for biodiversity. *Forest Ecology and Management* 517: 120275. DOI: 10.1016/j.foreco.2022.120275
- Grossiord C., Bachofen C., Gisler J., Mas E., Vitasse Y. & Didion-Gency M., 2022:** Warming may extend tree growing seasons and compensate for reduced carbon uptake during dry periods. *Journal of Ecology* 110: 1575–1589. DOI: 10.1111/1365-2745.13892
- Gubler L., Ismail S. A. & Seidl I., 2020:** Biodiversitätsschädigende Subventionen in der Schweiz. Grundlagenbericht. Überarbeitete 2. Auflage. WSL, Birmensdorf. WSL Berichte Nr. 96.
- Gugerli F., Frank A., Rellstab C., Pluess A. R., Moser B., Arend M., Sperisen C., Wohlgemuth T. & Heiri C., 2016:** Genetische Variation und lokale Anpassung bei Waldbaumarten im Zeichen des Klimawandels. In: Brang P., Augustin S., Pluess A. R.: *Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien*. Haupt Verlag, Bern, Dübendorf.
- Hegetschweiler T., Allgaier Leuch B. & Fischer C., 2021:** Die Erholungsnutzung im Wald nimmt zu. *Wald und Holz* 102: 19–22.
- Hegetschweiler K. T., Salak B., Wunderlich A. C., Bauer N. & Hunziker M., 2022:** Das Verhältnis der Schweizer Bevölkerung zum Wald. Waldmonitoring soziokulturell (WaMos3): Ergebnisse der nationalen Umfrage. WSL, Birmensdorf. WSL Berichte Nr. 120.
- Hegg C., Jeisy M. & Waldner P., 2004:** Wald und Trinkwasser. Eine Literaturstudie. WSL, Birmensdorf.
- Heiri C., Brändli U.-B., Bugmann H. & Brang P., 2012:** Sind Naturwaldreservate naturnäher als der Schweizer Wald? *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 163: 210–221. DOI: 10.3188/szf.2012.0210
- Hermann M., Röthlisberger M., Gessler A., Rigling A., Senf C., Wohlgemuth T. & Wernli H., 2023:** Meteorological history of low-forest-greenness events in Europe in 2002–2022. *Biogeosciences* 20: 1155–1180. DOI: 10.5194/bg-20-1155-2023
- Herold A., Zell J., Rohner B., Didion M., Thürig E. & Rösler E., 2019:** State and change of forest resources. In: Fischer C., Traub B.: *Swiss National Forest Inventory – Methods and Models of the Fourth Assessment*. Springer International Publishing. Cham. 205–230.
- Hertig H.-P., 1979:** Die Einstellung der Bevölkerung zu Problemen des Waldes und der Waldwirtschaft. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 130: 591–620.
- 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.
- Imesch N., Stadler B., Bolliger M. & Schneider O., 2015:** Biodiversität im Wald: Ziele und Massnahmen. Vollzugshilfe zur Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt im Schweizer Wald. BAFU, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1503.
- Imesch N., Spaar R. & Stöckli B., 2020:** Aktionsplan zur Zielartenförderung im lichten Wald. Anleitung zur Kopplung der Zielarten- und Lebensraumförderung. InfoSpecies, AG Waldbiodiversität.
- Impuls AG, 2023:** Waldreservate in der Schweiz: Bericht über den Stand der Umsetzung per 31.12.2022. Gutachten im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU).
- Institut für Angewandte Pflanzenbiologie (IAP):** Interkantonale Walddauerbeobachtung (WDB). <https://www.iap.ch/index.html>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2022:** Summary for policymakers. In: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press: 3–34.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva.

Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), 2019a: Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn.

Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), 2019b: Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn.

IRP, 2019: Global Resources Outlook 2019: Natural Resources for the Future We Want. In: ARGE Frehner M., Dionea SA und IWA – Wald und Landschaft AG. NaiS-LFI – Zuordnung der LFI-Stichprobenpunkte zu Waldgesellschaften. Erläuternder Schlussbericht. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU).

JagdSchweiz, 2017: Die Jagd in der Schweiz schützt und nützt. <https://www.chassesuisse.ch/assets/Uploads/JagdSchweiz-A65-Broschuere-D-GzD.pdf>

Jonard M., Fürst A., Verstraeten A., Thimonier A., Timmermann V., Potočić N., Waldner P., Benham S., Hansen K., Merilä P., Ponette Q., De La Cruz A. C., Roskams P., Nicolas M., Croisé L., Ingerslev M., Matteucci G., Decinti B., Bascietto M. & Rautio P., 2014: Tree mineral nutrition is deteriorating in Europe. *Global Change Biology* 21: 418–430. DOI: 10.1111/gcb.12657

Kaufmann G., Staedeli M. & Wasser B., 2010: Grundlagenforderungen an den naturnahen Waldbau. Projektbericht. BAFU, Bern.

Keel A. & Chrenko R., 2023: Monitoring Holzenergie. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU).

Klesse S., Wohlgemuth T., Meusburger K., Vitasse Y., von Arx G., Lévesque M., Neycken A., Braun S., Dubach V., Gessler A., Ginzler C., Gossner M. M., Hagedorn F., Queloz V., Samblás Vives E., Rigling A. & Frei E. R., 2022: Long-term soil water limitation and previous tree vigor drive local variability of drought-induced crown dieback in *Fagus sylvatica*. *Science of the Total Environment* 851: 157926. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157926>

Knaus P., Antoniazza S., Keller V., Sattler T. & Schmid H., 2021: Rote Liste der Brutvögel. Gefährdete Arten der Schweiz. BAFU, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 2124.

Knaus P., Schmid H., Strebel N. & Sattler T., 2022: Zustand der Vogelwelt in der Schweiz: Bericht 2022. Schweizerische Vogelwarte. <http://www.vogelwarte.ch/zustand>

KORA, 2023: Raubtierökologie und Wildtiermanagement: Wolf, Bestand. <https://www.kora.ch/de/arten/wolf/bestand>

Krumm F., Schuck A. & Rigling A., 2020: How to balance forestry and biodiversity conservation – A view across Europe. European Forest Institute, Bonn; WSL, Birmensdorf. 640 S. <https://dx.doi.org/10.16904/envdat.196>

Kuhlgatz C. & Bolliger C., 2021: Schweizer Pilze auf Wachstumskurs. Marktbericht Speisepilze. <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/markt/marktbeobachtung/speisepilze.html>

Kupferschmid A. D. & Bollmann K., 2016: Direkte, indirekte und kombinierte Effekte von Wölfen auf die Waldverjüngung. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 167: 3–12. DOI: 10.3188/szf.2016.0003

Lachat T., Brang P., Bolliger M., Bollmann K., Brändli U.-B., Bütler R., Herrmann S., Schneider O. & Werme-linger B., 2019: Totholz im Wald. Entstehung, Bedeutung und Förderung. WSL, Birmensdorf. Merkblatt für die Praxis Nr. 52.

Landolt D., Tschannen A., Hess A. K. & Hänggli A., 2023: Dem Fachkräftemangel im Wald begegnen. Kurzbericht im Auftrag der OdA Wald Schweiz. Interface Politikstudien Forschung Beratung. Luzern.

- Larrieu L., Paillet Y., Winter S., Bütler R., Kraus D., Krumm F., Lachat T., Michel A. K., Regnery B. & Vandekerckhove K., 2018:** Tree-related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: A hierarchical typology for inventory standardization. *Ecological Indicators* 84: 194–207. DOI: [10.1016/j.ecolind.2017.08.051](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.08.051)
- Larsen J. B., Angelstam P., Bauhus J., Carvalho J. F., Diaci J., Dobrowolska D., Gazda A., Gustafsson L., Krumm F., Knoke T., Konczal A., Kuuluvainen T., Mason B., Motta R., Pätzelsberger E., Rigling A. & Schuck A., 2022:** Closer-to-nature forest management. From Science to Policy 12. European Forest Institute (EFI).
- Lauber K., Wagner G. & Gygax A., 2018:** Flora Helvetica. Illustrierte Flora der Schweiz. Haupt Verlag, Bern.
- Lehner L., Kinnunen H., Weidner U. & Lehner J., 2013:** Branchenanalyse – Analyse und Synthese der Wertschöpfungskette (WSK) Wald und Holz in der Schweiz. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU).
- Lehmann A., 2019:** Oh Tannenbaum. Forum Z. Bundesamt für Zoll und Grenzsicherheit (BAZG).
- Lieberherr E., Coleman Brantschen E. C., Ohmura T., Wilkes-Allemann J. & Zabel A., 2023:** Optimierung der Waldpolitik 2020. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). 216 S.
- 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. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). WaldKultur, Vitznau.
- Losey S. & Wehrli A., 2013:** Schutzwald in der Schweiz. Vom Projekt SilvaProtect-CH zum harmonisierten Schutzwald. BAFU, Bern.
- Lüscher P., Frutig F., Sciacca S., Spjevak S. & Thees O., 2019:** Physikalischer Bodenschutz im Wald. Bodenschutz beim Einsatz von Forstmaschinen. WSL, Birmensdorf. Merkblatt für die Praxis Nr. 45.
- MeteoSchweiz, 2023:** Klimabulletin Jahr 2022. Zürich.
- Meusburger K., Trotsiuk V., Schmidt-Walter P., Baltensweiler A., Brun P., Bernhard F., Gharun M., Habel R., Hagedorn F., Köchli R., Psomas A., Puhlmann H., Thimonier A., Waldner P., Zimmermann S. & Walthert L., 2022:** Soil-plant interactions modulated water availability of Swiss forests during the 2015 and 2018 droughts. *Global Change Biology* 28: 5928–5944. DOI: [10.1111/gcb.16332](https://doi.org/10.1111/gcb.16332)
- Monnerat C., Barbalat S., Lachat T. & Gonseth Y., 2016:** Rote Liste der Prachtkäfer, Bockkäfer, Rosenkäfer und Schröter. Gefährdete Arten der Schweiz. BAFU, Bern; InfoFauna – CSCF, Neuenburg; WSL, Birmensdorf. Umwelt-Vollzug Nr. 1622.
- Müller J. & Bütler R., 2010:** A review of habitat thresholds for dead wood: baseline for management recommendations in European forests. *European Journal of Forest Research* 129: 981–992. DOI: [10.1007/s10342-010-0400-5](https://doi.org/10.1007/s10342-010-0400-5)
- Nilsson S. G., Niklasson M., Hedin J., Aronsson G., Gutowski J. M., Linder P., Ljungberg H., Mikusiński G. & Ranius T., 2002:** Densities of large living and dead trees in old-growth temperate and boreal forests. *Forest Ecology and Management* 161: 189–204. DOI: [10.1016/S0378-1127\(01\)00480-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00480-7)
- Nussbaum M., Papritz A., Baltensweiler A. & Walthert L., 2012:** Organic carbon stocks of Swiss forest soils. Final Report. Institute of Terrestrial Ecosystems, ETH Zurich; WSL, Birmensdorf.
- Nussbaum M. & Burgos S., 2021:** Soil organic carbon stocks in forests of Switzerland. Update of soil organic carbon stock estimation for the national greenhouse gas inventory. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU).
- Nussbaumer T., 2023:** Vergleich der Ressourceneffizienz verschiedener Verwertungspfade zur Nutzung von Energieholz. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=53947&Sprache=de-CH>

- Odermatt B., Annaheim J., Suter F. & Buser B., 2023:** Ressource Holz: Förderung und Unterstützung der stofflichen und energetischen Verwendung im Vergleich. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU).
- Ohmura T., Thürig E., Olschewski R. & Schulz T., 2023:** Mainstreaming von Waldökosystemleistungen. NFP 73 Policy Brief Nr. 7.
- Ott E., Lüscher F., Frehner M. & Brang P., 1991:** Verjüngungsökologie – Besonderheiten im Gebirgsfichtenwald im Vergleich zur Bergwaldstufe. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 142. 879–904. DOI: 10.5169/seals-766509
- Pancel L. & Köhl M., 2016:** Tropical Forestry Handbook. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Peter M., Ayer F. & Egli S., 2001:** Nitrogen addition in a Norway spruce stand altered macromycete sporocarp production and below-ground ectomycorrhizal species composition. New Phytologist 149: 311–325.
- Pluess A.R., Augustin S. & Brang P., 2016:** Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. BAFU, Bern; WSL, Birmensdorf; Haupt Verlag, Bern, Stuttgart, Wien. 447 S.
- Probst M., Lupatini M., Grob R., Blandenier G. & Hendier A., 2021:** Mit dem Wald in die Zukunft gehen – eine Bildungsanalyse. Schlussbericht zum Projekt im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU).
- Programme for the Endorsement of Forest Certification PEFC, 2023:** PEFC and FSC Double Certification (2016–2022).
- Prospero S., Vannini A. & Vettraino A. M., 2012:** Phytophthora on Castanea sativa Mill. (sweet chestnut). Julius Kühn Institute Data Sheets. Plant Diseases and Diagnosis. DOI: 10.5073/jkidsppd.2012.006
- Reilstab C., Bühler A., Graf R., Folly C. & Gugerli F., 2016:** Using joint multivariate analyses of leaf morphology and molecular-genetic markers for taxon identification in three hybridizing European white oak species (*Quercus* spp.). Annals of Forest Science 73: 669–679. DOI: 10.1007/s13595-016-0552-7
- Rigling D., Hilfiker S., Schöbel C., Meier F., Engesser R., Scheidegger C., Stofer S., Senn-Irlet B. & Queloz V., 2016:** Das Eschentriebsterben. Biologie, Krankheitssymptome und Handlungsempfehlungen. WSL, Birmensdorf. Merkblatt für die Praxis Nr. 57.
- Rihm B. & Künzle T., 2023:** Nitrogen deposition and exceedances of critical loads for nitrogen in Switzerland 1990–2020. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). 106 S.
- Rogiers N., Hagedorn F. & Thürig E., 2015:** Kohlenstoffvorrat. In: Rigling A., Schaffer H.-P.: Waldbericht 2015. Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes. BAFU, Bern; WSL, Birmensdorf.
- Rohrmann S., Bisig-Inanir D., Dehler A. & Brüscheiler B.J., 2021:** Hat der Nitratgehalt im Trinkwasser einen Einfluss auf das Dickdarmkrebsrisiko? In: Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV): Schweizer Ernährungsbulletin. 60–73.
- Roth N.:** Projekt AMORE. Artenmonitoring in Naturwaldreservaten. In Vorbereitung.
- Roux J.-L., Konczal A., Bernasconi A., Bhagwat S., de Vreese R., Doimo I., Marini Govigli V., Kašpar J., Kohsaka R., Pettenella D., Plieninger T., Shakeri Z., Shibata S., Stara K., Takahashi T., Torralba M., Tyrväinen L., Weiss G. & Winkel G., 2022:** Exploring evolving spiritual values of forests in Europe and Asia: A transition hypothesis toward re-spiritualizing forests. Ecology and Society 27 (4): 20. DOI: 10.5751/ES-13509-270420
- Rudow A., 2014:** Dendrologie-Grundlagen. Unterrichtsunterlagen. ETH Zürich.
- Rudow A., 2016:** Generhaltung in bestehenden Waldreservaten. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 167: 344–347. DOI: 10.3188/szf.2016.0341
- Scherrer D., Ascoli D., Conedera M., Fischer C., Maringer J., Moser B., Nikolova P. S., Rigling A. & Wohlgemuth T., 2022:** Canopy disturbances catalyse tree species shifts in Swiss forests. Ecosystems 25: 199–214. DOI: 10.1007/s10021-021-00649-1

- Scherrer D., Baltensweiler A., Bürgi M., Fischer C., Stadelmann G. & Wohlgemuth T., 2023:** Low naturalness of Swiss broadleaf forests increases their susceptibility to disturbances. *Forest Ecology and Management* 532: 120827. DOI: 10.1016/j.foreco.2023.120827
- Schleppi P., Curtaz F. & Krause K., 2017:** Nitrate leaching from a sub-alpine coniferous forest subjected to experimentally increased N deposition for 20 years, and effects of tree girdling and felling. *Biogeochemistry* 134: 319–335. DOI: 10.1007/s10533-017-0364-3
- Schmid S., 2015:** Nichtholzprodukte. In: Rigling A., Schaffer H.-P.: Waldbericht 2015. Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes. BAFU, Bern; WSL, Birmensdorf.
- Schoenenberger N., Röthlisberger J. & Carraro G., 2014:** La flora esotica del Cantone Ticino (Svizzera). *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali* 102: 13–30.
- Schuldt B., Buras A., Arend M., Vitasse Y., Beierkuhnlein C., Damm A., Gharun M., Grams T. E. E., Hauck M., Hajek P., Hartmann H., Hiltbrunner E., Hoch G., Holloway-Phillips M., Körner C., Larysch E., Lübke T., Nelson D. B., Rammig A., Rigling A., Rose L., Ruehr N. K., Schumann K., Weiser F., Werner C., Wohlgemuth T., Zang C. S. & Kahmen A., 2020:** A first assessment of the impact of the extreme 2018 summer drought on Central European forests. *Basic and Applied Ecology* 45: 86–103. DOI: 10.1016/j.baae.2020.04.003
- Schütz J.-P., 2002:** Die Plenterung und ihre unterschiedlichen Formen. Skript zu Vorlesung Waldbau II und Waldbau IV. ETH Zürich, Professur Waldbau. <https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/usys/ites/walddmgmt-waldbau-dam/documents/Lehrmaterialien/Skripte/Waldbau/plenterskript-02-03> (zuletzt aufgerufen: 7.7.2023)
- Schweizerischer Bundesrat, 2014:** Botschaft zur Änderung des Bundesgesetzes über den Wald. Bundesblatt (BBl) 4909–4956.
- Schweizerischer Bundesrat, 2022:** Anpassung des Waldes an den Klimawandel. Bericht des Bundesrats in Erfüllung der Motion 19.4177 Engler (Hêche) vom 25.9.2019 und des Postulates 20.3750 Vara vom 18.6.2020. Schweizerischer Bundesrat, Generalsekretariat UVEK; BAFU, Bern.
- Seibold S., Brandl R., Buse J., Hothorn T., Schmid J., Thorn S. & Müller J., 2015:** Association of extinction risk of saproxylic beetles with ecological degradation of forests in Europe. *Conservation Biology* 29: 382–390. DOI: 10.1111/cobi.12427
- Seibold S., Bässler C., Brandl R., Büche B., Szallies A., Thorn S., Ulyshen M. D. & Müller J., 2016:** Microclimate and habitat heterogeneity as the major drivers of beetle diversity in dead wood. *Journal of Applied Ecology* 53: 934–943. DOI: 10.1111/1365-2664.12607
- Senf C., Pflugmacher D., Zhiqiang Y., Sebold J., Knorn J., Neumann M., Hostert P. & Seidl R., 2018:** Canopy mortality has doubled in Europe's temperate forests over the last three decades. *Nature Communications* 9: 4978. DOI: 10.1038/s41467-018-07539-6
- Senn-Irlet B., Bieri G. & Egli S., 2007:** Rote Liste der gefährdeten Grosspilze der Schweiz. BAFU, Bern; WSL, Birmensdorf. Umwelt-Vollzug Nr. 0718.
- Shanley P., Pierce A. R., Laird S. A., Binnquist C. L. & Guariguata M. R., 2016:** From Lifelines to Livelihoods: Non-timber Forest Products into the Twenty-First Century. In: Pancel L., Köhl M.: *Tropical Forestry Handbook*. Springer, Berlin, Heidelberg. 2713–2760.
- Stadler B. & de Sassi C., 2021:** Aktive Biodiversitäts-Fördermassnahmen im Schweizer Wald. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 172: 350–357. DOI: 10.3188/szf.2021.0350
- Steiger P., 2014:** Gutachten «Repräsentativität der Waldgesellschaften im Waldreservatsnetz». Gutachten im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). Nicht publiziert.
- Stokland J. N., Siitonen J. & Jonsson B. G., 2012:** Biodiversity in Dead Wood. Cambridge University Press.

Stroheker S., Forster B. & Queloz V., 2020: Zweithöchster je registrierter Buchdruckerbefall (*Ips typographus*) in der Schweiz. WSL, Birmensdorf. Waldschutz aktuell Nr. 1.

Sturrock R., 2012: Climate change and forest diseases: Using today's knowledge to address future challenges. *Forest Systems* 21 (2): 329–336. DOI: 10.5424/fs/2012212-02230

Suva, 2022: Zeitreihen zum Unfallgeschehen nach Klasse. Kategorie 42B, Forstbetriebe.

Suz L. M., Bidartondo M. I., van der Linde S. & Kuyper T. W., 2021: Ectomycorrhizas and tipping points in forest ecosystems. *New Phytologist* 231: 1700–1707. DOI: 10.1111/nph.17547

Sverdrup H. & Warfvinge P., 1993: The effect of soil acidification on the growth of trees, grass and herbs as expressed by the (Ca+Mg+K)/Al ratio. *Reports in Ecology and Environmental Engineering*. Report 2:1993. 1–108.

Swisstopo, 2023: Topografisches Landschaftsmodell Schweiz. www.swisstopo.ch

Taglioferro F., Ferrara A. M., Zotti M., Paravino M., Di Piazza S., Dente F., Rolland B., Tbouret P. & Pierangelo A., 2013: Funghi e tartufi risorse del bosco. Il progetto Amycoforest: sviluppo di una selvicoltura favorevole alla produzione fungina. 112 S.

Talkner U., Meiwes K. J., Potočić N., Seletković I., Cools N., de Vos B. & Rautio P., 2015: Phosphorus nutrition of beech (*Fagus sylvatica* L.) is decreasing in Europe. *Annals of Forest Science* 72: 919–928. DOI: 10.1007/s13595-015-0459-8

Temperli C., Blattert C., Stadelmann G., Brändli U.-B. & Thürig E., 2020: Trade-offs between ecosystem service provision and the predisposition to disturbances: A NFI-based scenario analysis. *Forest Ecosystems* 7: 27. DOI: 10.1186/s40663-020-00236-1

Temperli C., Nikolova P. & Brang P., 2023: Zukunftsfähigkeit der Baumartenzusammensetzung des Schweizer Waldes. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 174: 76–84. DOI: 10.3188/szf.2023.0076

Thees O., Burg V., Erni M., Bowman G. & Lemm R., 2017: Biomassepotenziale der Schweiz für die energetische Nutzung. Ergebnisse des Schweizerischen Energiekompetenzzentrums SCCER BIOSWEET. WSL, Birmensdorf. WSL Berichte Nr. 57.

Thees O., Erni M., Burg V., Bowman G., Biollaz S., Damartzis T., Griffin T., Luterbacher J., Maréchal F., Nussbaumer T., Schweier J., Studer M. & Kröcher O., 2023: White paper – Energieholz in der Schweiz: Potenziale, Technologieentwicklung, Ressourcenmobilisierung und seine Rolle bei der Energiewende. SCCER BIOSWEET, WSL, Birmensdorf. 34 S.

Thimonier A., Kosonen Z., Braun S., Rihm B., Schleppi P., Schmitt M., Seitler E., Waldner P. & Thöni L., 2019: Total deposition of nitrogen in Swiss forests: Comparison of assessment methods and evaluation of changes over two decades. *Atmospheric Environment* 198: 335–350. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2018.10.051

Thrippleton T., Blattert C., Bont L. G., Mey R., Zell J., Thürig E. & Schweier J., 2021: A multi-criteria decision support system for strategic planning at the Swiss forest enterprise level: Coping with climate change and shifting demands in ecosystem service provisioning. *Frontiers in Forests and Global Change* 4: 693020. DOI: 10.3389/ffgc.2021.693020

Tresch S., Roth T., Schindler C., Hopf S.-E., Remund J. & Braun S., 2023: The cumulative impacts of droughts and N deposition on Norway spruce (*Picea abies*) in Switzerland based on 37 years of forest monitoring. *Science of the Total Environment* 892: 164223. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.164223

Unesco, 2021: Welterbekonvention. <https://www.unesco.ch/culture/patrimoine-mondial>

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, 2018: World Urbanization Prospects. The 2018 Revision. United Nations. New York.

Vitasse Y., Schneider L., Rixen C., Christen D. & Rebetez M., 2018: Increase in the risk of exposure of forest and fruit trees to spring frosts at higher elevations in Switzerland over the last four decades. *Agricultural and Forest Meteorology* 248: 60–69. DOI: 10.1016/j.agrformet.2017.09.005

Waldner P., Braun S. & Rihm B., 2019: Schlussbericht des Projekts «Nitrate leaching risk mapping (NitLeach II)». WSL, Birmensdorf; IAP, Witterswil; Meteotest, Bern. 46 S. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000585539>

Walker D. & Artho J., 2018: Eigentümerinnen und Eigentümer des Schweizer Waldes. Untersuchung des Verhältnisses privater und öffentlicher Eigentümerinnen und Eigentümer zu ihrem Wald. BAFU, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1814.

Wermelinger B., Düggelin C., Freitag A., Fitzpatrick B. & Risch A. C., 2019: Die Roten Waldameisen – Biologie und Verbreitung in der Schweiz. WSL, Birmensdorf. Merkblatt für die Praxis Nr. 63.

Wettmann O., 2022: Branchenlösung Forst. Solothurn. www.sylvatop.ch

Wiesmeier M., Prietzel J., Barthold F., Spörlein P., Geuss U., Hangen E., Reischl A., Schilling B., von Lützow M. & Kögel-Knabner I., 2013: Storage and drivers of organic carbon in forest soils of southeast Germany (Bavaria) – Implications for carbon sequestration. *Forest Ecology and Management* 295: 162–172. DOI: 10.1016/j.foreco.2013.01.025

Wilkes-Allemand J., Rolf A. & Geissler E., 2022: Umsetzung der Massnahme 1.3. «Der Bund fördert das Bereitstellen von Informationen über die verschiedenen Freizeit- und Erholungsaktivitäten in Schweizer Wäldern». Schlussbericht. Berner Fachhochschule, HAFL, Zollikofen. 31 S.

Wohlgemuth T. & Kramer K., 2015: Waldverjüngung und Totholz in Sturmflächen 10 Jahre nach Lothar und 20 Jahre nach Vivian. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 166: 135–146. DOI: 10.3188/szf.2015.0135

Wolfslehner B., Prokofieva I. & Mavsar R., 2019: Non-wood forest products in Europe: Seeing the forest around the trees. What Science Can Tell Us 10. European Forest Institute (EFI).

Wong J. L. G. & Wiersum F. K., 2019: A spotlight on NWFPs in Europe. In: Wolfslehner B., Prokofieva I., Mavsar R.: Non-wood forest products in Europe: Seeing the forest around the trees. What Science Can Tell Us. 10. European Forest Institute (EFI).

Zimmermann W., 2015: Staatliche Förderung der Waldwirtschaft durch den Bund. In: Rigling A., Schaffer H.-P.: Waldbericht 2015. Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes. BAFU, Bern; WSL Birmensdorf. 108–109.

Zischg A. P., Frehner M., Gubelmann P., Augustin S., Brang P. & Huber B., 2021: Participatory modelling of upward shifts of altitudinal vegetation belts for assessing site type transformation in Swiss forests due to climate change. *Applied Vegetation Science* 24: e12621. DOI: 10.1111/avsc.12621

Autorinnen und Autoren

- **Abegg** Meinrad, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
- **Allgaier Leuch** Barbara, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
- **Augustin** Sabine, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
- **Bebi** Peter, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
- **Beyeler** Stefan, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
- **Biolley** Matthias, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
- **Blaser** Simon, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
- **Bolgè** Roberto, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
- **Bollmann** Kurt, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
- **Bont** Leo G., Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
- **Braun** Sabine, Institut für Angewandte Pflanzenbiologie IAP, Witterswil
- **Bugmann** Harald, Eidg. Technische Hochschule Zürich ETHZ
- **Bürgi** Matthias, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
- **Bütikofer** Jacqueline, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
- **Büttler** Rita, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
- **Cioldi** Fabrizio, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
- **Conedera** Marco, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
- **De Sassi** Claudio, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
- **Dirac Ramohavelo** Clémence, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
- **Etzold** Sophia, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
- **Ferretti** Marco, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
- **Fischer** Christoph, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
- **Gessler** Arthur, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
- **Ginzler** Christian, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
- **Gossner** Martin, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
- **Grendelmeier** Alex, Schweizerische Vogelwarte, Sempach
- **Gross** Andrin, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
- **Grossiord** Charlotte, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, und Eidg. Technische Hochschule Lausanne EPFL
- **Gugerli** Felix, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
- **Hagedorn** Frank, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
- **Hegetschweiler** Tessa, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
- **Hobi** Martina, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
- **Hug** Christian, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
- **Hunziker** Marcel, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
- **Hunziker** Stefan, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
- **Husistein** Michael, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
- **Jenni** Robert, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
- **Jimmy** Gerda, waldstark GmbH, Uster
- **Kammerhofer** Alfred W., Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
- **Knoblauch** Aline, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
- **Kunnala** Marjo, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
- **Kupferschmid** Andrea D., Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
- **Lachat** Thibault, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, und Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, Zollikofen
- **Lange** Benjamin, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
- **Lauper** Bruno, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
- **Losey** Stéphane, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
- **Maineri** Cristiana, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
- **Meusburger** Katrin, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
- **Mollet** Pierre, Schweizerische Vogelwarte, Sempach

-
- **Moser** Barbara, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
 - **Murbach** Franz, Bundesamt für Statistik BFS, Neuenburg
 - **Nikolova** Petia, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
 - **Ohmura** Tamaki, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
 - **Olschewski** Roland, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
 - **Peter** Martina, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
 - **Pezzatti** Gianni B., Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
 - **Pfund** Jean-Laurent, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
 - **Queloz** Valentin, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
 - **Reinhard** Michael, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
 - **Reinhardt** Miriam, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
 - **Rellstab** Christian, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
 - **Rigling** Andreas, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, und Eidg. Technische Hochschule Zürich ETHZ
 - **Rogiers** Nele, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
 - **Salak** Boris, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
 - **Saurer** Matthias, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
 - **Sautter** Michael, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
 - **Schafer** Achim, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
 - **Schaub** Marcus, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
 - **Scherrer** Daniel, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
 - **Schneider** Olivier, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
 - **Schulz** Tobias, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
 - **Schweier** Janine, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
 - **Stofer** Silvia, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
 - **Strauss** Alexandra, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
 - **Streit** Kathrin, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
 - **Stroheker** Sophie, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
 - **Suter Thalmann** Claire-Lise, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
 - **Temperli** Christian, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
 - **Thees** Oliver, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
 - **Thimonier** Anne, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
 - **Thrippleton** Timothy, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
 - **Thürig** Esther, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
 - **Tresch** Simon, Institut für Angewandte Pflanzenbiologie IAP, Witterswil
 - **Vollenweider** Pierre, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
 - **Waldner** Peter, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
 - **Wolf** Oliver, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
 - **Zimmermann** Stephan, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf